

# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

## ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

### MUESTREO Y MEDICIÓN IN SITU DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS, EN EL RIO MACHÁNGARA, SECTOR SUR- QUITUMBE, PARQUE LINEAL LAS CUADRAS.

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN  
AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

PABLO ANDRÉS PAZMIÑO CORRAL

[andexpaz@hotmail.com](mailto:andexpaz@hotmail.com)

DIRECTOR: Ing. DANILO JAVIER YÁNEZ CAJO. MSc.

[daniilo.yanez@epn.edu.ec](mailto:daniilo.yanez@epn.edu.ec)

CODIRECTOR: Ing. LUIS ÁNGEL JARAMILLO SÁNCHEZ. MSc.

[luis.jaramillo@epn.edu.ec](mailto:luis.jaramillo@epn.edu.ec)

Quito, octubre, 2016

## **DECLARACIÓN**

Yo, Pablo Andrés Pazmiño Corral bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

**PABLO ANDRÉS PAZMIÑO CORRAL**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por PABLO ANDRÉS PAZMIÑO CORRAL bajo mi supervisión.

---

Ing. Danilo Yáñez Cajo. MSc.  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

---

Ing. Luis Jaramillo Sánchez. MSc.  
**CODIRECTOR DEL PROYECTO**

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero aprovechar este espacio para agradecerle a Dios por todo lo que hace en mi vida.

*Andrés.*

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mi madre Marcia Corral y hermana Carolina Pazmiño, por brindarme siempre su apoyo.

*Andrés.*

# CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	<b>1</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>2</b>
<b>PRESENTACIÓN</b> .....	<b>3</b>
<b>CAPITULO I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>4</b>
1.1 RESEÑA HISTÓRICA DEL RÍO MACHÁNGARA .....	4
1.2 ORIGEN DEL AGUA QUE ABASTECE A QUITO .....	5
1.3 EVACUACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DE QUITO .....	5
1.4 SITUACIÓN ACTUAL DEL RÍO MACHÁNGARA .....	6
1.5 CREACIÓN DE PARQUES LINEALES EN LOS CAUCES DEL RIO MACHÁNGARA.....	7
1.6 PARQUE LINEAL LAS CUADRAS.....	7
1.6.1 SITUACIÓN ACTUAL DEL PARQUE LINEAL LAS CUADRAS CON RELACIÓN AL TRAMO DEL RÍO MACHÁNGARA.....	7
1.6.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL TRAMO DE RÍO MACHÁNGARA EN EL PARQUE LINEAL LAS CUADRAS .....	8
<b>CAPÍTULO II. CONCEPTOS GENERALES</b> .....	<b>12</b>
2.1 CONTAMINACIÓN HÍDRICA .....	12
2.2 ORIGEN DE LA CONTAMINACIÓN.....	14
2.3 PRINCIPALES CONTAMINANTES E INDICADORES DE LA CONTAMINACIÓN EN EL AGUA .....	15
2.3.1 MATERIA ORGÁNICA .....	15
2.3.2 SÓLIDOS.....	16
2.3.3 NITRÓGENO.....	17
2.3.4 FÓSFORO .....	17
2.3.5 OXÍGENO DISUELTO .....	18
2.3.6 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO) .....	19
2.3.7 DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO).....	19
2.3.8 pH .....	20
2.3.9 TEMPERATURA .....	20
2.3.9.1 Recomendaciones para medir la temperatura en aguas superficiales .....	21
2.3.10 TURBIDEZ.....	21
2.4 FUENTES DE CONTAMINACIÓN ANTROPOGÉNICAS .....	22
2.4.1 ORIGEN DOMÉSTICO .....	22
2.4.2 ORIGEN AGRÍCOLA-GANADERO .....	22
2.4.3 ORIGEN PLUVIAL .....	23

2.5 EUTROFIZACIÓN .....	23
2.5.1 FUENTES DE EUTROFIZACIÓN .....	24
2.6 EFECTOS DE LOS PRINCIPALES CONTAMINANTES EN EL AGUA .....	24
2.6.1 EFECTOS PROVOCADOS POR LOS SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN .....	25
2.6.2 EFECTOS PROVOCADOS POR LOS FENOLES .....	25
2.6.3 EFECTOS PROVOCADOS POR LAS GRASAS Y ACEITES .....	25
2.6.4 EFECTOS PROVOCADOS POR EL CALOR .....	25
2.6.5 EFECTOS PROVOCADOS POR LOS DETERGENTES .....	26
2.6.6 EFECTOS PROVOCADOS POR LA MATERIA ORGÁNICA .....	26
2.7 AGUA RESIDUAL .....	26
2.8 CONTAMINACIÓN DE RÍOS .....	27
2.9 REFERENCIA LEGAL .....	28
<b>CAPITULO III. METODOLOGÍA DE ESTUDIO .....</b>	<b>29</b>
3.1 RECONOCIMIENTO DEL LUGAR .....	29
3.2 ASPECTOS AMBIENTALES DEL TRAMO DE RÍO MACHÁNGARA EN EL PARQUE LINEAL LAS CUADRAS .....	30
3.3 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL AGUA .....	32
3.4 INSTRUMENTACIÓN Y MATERIALES PARA EL MONITOREO .....	33
3.5 SITUACIÓN ACTUAL DEL TRAMO DE RIO MACHÁNGARA EN EL PARQUE LINEAL LAS CUADRAS .....	35
3.6 SELECCIÓN DE LOS PUNTOS PARA EL MONITOREO .....	36
3.6.1 PRIMER PUNTO DE MONITOREO P1, INGRESO DEL TRAMO DEL RÍO MACHÁNGARA AL PARQUE .....	36
3.6.1.1 Actividades para realizar el aforo de caudal en la estructura $Q_{IN}$ .....	38
3.6.1.2 Recolección de muestra de agua en el punto $Q_1$ .....	38
3.6.1.3 Toma de datos fisicoquímicos in situ del punto $Q_1$ .....	40
3.6.2 SEGUNDO PUNTO DE MONITOREO P2, SALIDA DEL TRAMO DE RÍO MACHÁNGARA DEL PARQUE .....	41
3.6.2.1 Actividades realizadas para el aforo de caudal en la estructura $Q_{OUT}$ .....	42
3.6.3 PUNTOS AUXILIARES .....	44
3.7 PLANIFICACIÓN DEL MUESTREO Y TOMA DE DATOS .....	48
3.8 CALENDARIO DE ACTIVIDADES .....	52
3.9 VALORES OBTENIDOS EN EL MONITOREO .....	55
3.9.1 AFORO DE CAUDALES .....	55
3.9.2 DATOS OBTENIDOS IN SITU .....	57

3.9.3 RESULTADOS DE LABORATORIO.....	60
3.10 COMPARACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	64
<b>CAPITULO IV. CONCLUSIÓN DEL PROYECTO .....</b>	<b>72</b>
4.1 RECOMENDACIONES GENERALES .....	74
4.1.1 RECOMENDACIONES PARA EL MUESTREADOR.....	74
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>76</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>77</b>
<b>ANEXO 1. REFERENCIAS LEGALES.....</b>	<b>78</b>
<b>ANEXO 2. CARTAS DE AUTORIZACIÓN PARA REALIZAR EL MONITOREO Y MEDICIÓN DE PARÁMETROS IN SITU DEL TRAMO DE RÍO MACHÁNGARA QUE ATRAVIESA EL PARQUE LINEAL LAS CUADRAS.....</b>	<b>84</b>
<b>ANEXO 3. INFORME DE LOS RESULTADOS DE LAS MUESTRA DE AGUA ANALIZADAS EN EL LABORATORIO, (CICAM).....</b>	<b>85</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1.1:</b> RÍO MACHÁNGARA EN EL SECTOR DE MONJAS.....	3
<b>FIGURA 1.2:</b> IMAGEN SATELITAL DEL TRAMO CON LOS PUNTOS DE ENTRADA Y SALIDA.....	5
<b>FIGURA 1.3:</b> ESTRUCTURA SUR QUE PERMITE EL INGRESO DEL CAUDAL AL PARQUE LINEAL LAS CUADRAS.....	6
<b>FIGURA 1.4:</b> TRAYECTO SINUOSO DEL TRAMO EN EL PARQUE LINEAL LAS CUADRAS.....	7
<b>FIGURA 1.5:</b> ESTRUCTURA NORTE, SALIDA DEL TRAMO DE RÍO MACHÁNGARA DEL PARQUE LINEAL LAS CUADRAS.....	8
<b>FIGURA 2.1:</b> MAPA CONCEPTUAL DEL ORIGEN DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA.....	12
<b>FIGURA 3.1:</b> CAUCE DEL RÍO MACHÁNGARA QUE ATRAVIESA LATERALMENTE EL PARQUE LINEAL LAS CUADRAS CON DIRECCIÓN SUR (INGRESO) A NORTE (SALIDA).....	26
<b>FIGURA 3.2:</b> ESTRUCTURAS QUE PERMITEN EL INGRESO Y LA SALIDA DEL TRAMO DE RÍO MACHÁNGARA EN EL PARQUE LINEAL LAS CUADRAS.....	27
<b>FIGURA 3.3:</b> PLANTAS DE ZAMBO UBICADAS A LAS RIBERAS DEL TRAMO DE RÍO MACHÁNGARA EN EL PARQUE LINEAL LAS CUADRAS.....	28
<b>FIGURA 3.4:</b> COMPARACIÓN VISUAL ENTRE EL INGRESO $vs$ LA SALIDA DEL CAUDAL.....	29
<b>FIGURA 3.5:</b> ESTRUCTURA SUR DENOMINADO $Q_{IN}$ QUE PERMITE EL INGRESO DEL CAUDAL AL PARQUE Y EL PUNTO DE MONITOREO $P_1$ .....	34
<b>FIGURA 3.6:</b> ESTRUCTURA NORTE $Q_{OUT}$ QUE PERMITE LA SALIDA DEL CAUDAL DEL PARQUE LINEAL LAS CUADRAS Y EL PUNTO DE MUESTREO $P_2$ .....	39
<b>FIGURA 3.7:</b> AFORO DE CAUDAL EN LA ESTRUCTURA DE SALIDA NORTE $Q_{OUT}$ .....	40
<b>FIGURA 3.8:</b> CAUCE DEL TRAMO DE RÍO MACHÁNGARA QUE ATRAVIESA EL PARQUE LINEAL LAS CUADRAS.....	42
<b>FIGURA 3.9:</b> TERCERA ESTRUCTURA $Q_3$ , DESCARGA PUNTUAL AL CAUCE Y LOS PUNTOS DE MONITOREO $Q_2$ Y $Q_3$ .....	43
<b>FIGURA 3.10.</b> AFORO DE CAUDAL EN EL PUNTO DE MONITOREO $Q_2$ .....	44

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 3.1:</b> TABLA DE VISITAS Y OBSERVACIONES GENERALES.....	45
<b>TABLA 3.2:</b> CALENDARIO DE ACTIVIDADES PARA EL MONITOREO DEL TRAMO, AFORO, RECOLECCIÓN DE MUESTRAS Y DEMÁS.....	49
<b>TABLA 3.3:</b> TABLA RESUMEN DE CAUDAL OBTENIDOS DE LOS AFOROS.....	52
<b>TABLA 3.4:</b> PROMEDIO DE PARÁMETROS GENERALES IN SITU.....	55
<b>TABLA 3.5:</b> TABULACIÓN DE LOS RESULTADOS FISICOQUÍMICOS OBTENIDOS EN EL LABORATORIO CICAM PARA LOS PUNTOS DE MONITOREO ENTRADA Q <sub>1</sub> VS SALIDA Q <sub>4</sub> .....	58
<b>TABLA 3.6:</b> TABULACIÓN DE LOS RESULTADOS FISICOQUÍMICOS OBTENIDOS EN EL LABORATORIO CICAM PARA LOS PUNTOS DE MONITOREO ENTRADA Q <sub>1</sub> VS SALIDA Q <sub>4</sub> .....	58
<b>TABLA 3.7:</b> DATOS OBTENIDOS EN EL LABORATORIO DE AMONIO Y AMONÍACO.....	59
<b>TABLA 3.8:</b> RESULTADOS OBTENIDOS EN EL LABORATORIO PARA NÍQUEL Y COBALTO.....	60
<b>TABLA 3.9:</b> RESULTADOS OBTENIDOS EN LABORATORIO PARA EL PARÁMETRO TENSOACTIVOS Y COMPARADOS CON LA NORMA TULAS.....	60
<b>TABLA 3.10:</b> RECOPIACIÓN DE RESULTADOS 2013 Y 2014 PARA EL ANÁLISIS DE TEMPORALIDAD.....	61
<b>TABLA 3.11:</b> TABULACIÓN PARA EL ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA DESCARGA Q <sub>E</sub> , APLICADO EL MÉTODO ACP (ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES).....	65
<b>TABLA 3.12:</b> ANÁLISIS DE DATOS CON REFERENCIA A LA TEMPORALIDAD ENTRADA VS SALIDA 2013-2014.....	67

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

<b>GRÁFICA 3.1:</b> VALORES DE TEMPERATURA AMBIENTAL VS LA TEMPERATURA DEL AGUA MEDIDOS EN GRADOS CENTIGRADOS (°C).....	56
<b>GRÁFICA 3.2:</b> VALORES DE pH (UNIDAD ADIMENCIONAL).....	56
<b>GRÁFICA 3.3:</b> VALORES DE LOS SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS en ppm.....	57
<b>GRÁFICA 3.4:</b> VALORES DE LA CONDUCTIVIDAD en mS.....	57
<b>GRÁFICA 3.5:</b> VALORES DE LOS RESULTADOS DE AMONIO VS AMONÍACO EN mg/l.....	59
<b>GRÁFICA 3.6:</b> VALORES DE LOS RESULTADOS DE NÍQUEL Y COBALTO EN mg/l.....	60
<b>GRÁFICA 3.7:</b> VALORES OBTENIDOS DE LOS RESULTADOS DE TENSOACTIVOS VS EL VALOR LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE PARA DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE.....	61
<b>GRÁFICA 3.8:</b> VALORES OBTENIDOS DE LOS RESULTADOS DE DBO VS DQO DE LOS PUNTOS DE MONITOREO ENTRA Y SALIDA EN EL PERIODO 2013-2014.....	62
<b>GRÁFICA 3.9:</b> VALORES DE LOS RESULTADOS DE SÓLIDOS SEDIMENTABLES DE LOS PUNTOS ENTRADA Y SALIDA EN EL PERIODO 2013-2014.....	62
<b>GRÁFICA 3.10:</b> VALORES DE LOS RESULTADOS DE TENSOACTIVOS DE LOS PUNTOS ENTRADA Y SALIDA EN EL PERIODO 2013-2014.....	63
<b>GRÁFICA 3.11:</b> VALORES DE LOS RESULTADOS DE TURBIEDAD DE LOS PUNTOS ENTRADA Y SALIDA EN EL PERÍODO 2013-2014.....	63
<b>GRÁFICA 3.12:</b> VALORES DE LOS RESULTADOS DE LA INFLUENCIA DE LA DESCARGA $Q_E$ , APLICADO EL MÉTODO ACP Y LOS PUNTOS DE MONITOREO Q1-Q2-Q3-Q4.....	65
<b>GRÁFICA 3.13:</b> VALORES DE LOS RESULTADOS CON RESPECTO A LA TEMPORALIDAD PARA LOS PUNTOS ENTRADA Y SALIDA EN EL PERÍODO 2013-2014 APLICANDO EL MÉTODO <b>ACP</b> .....	68



## RESUMEN

El nacimiento de un río se origina en las partes altas de las cordilleras, en los páramos que gracias a su geografía, flora y tipo de suelo permiten acumular agua para que fluya a las partes bajas por efecto de la gravedad, proceso que ocurre en la parte alta de los Volcanes Atacazo y Guagua Pichincha que confluyen para formar el río Machángara, al Sur de la ciudad de Quito, Provincia de Pichincha.

En la actualidad, el aumento de la ocupación urbana avanza vertiginosamente saturando el espacio de la ciudad, transformando al río Machángara en un sitio contaminado y desprotegido.

El Distrito Metropolitano de Quito, con el fin de recuperar paisajísticamente tramos del Machángara, ha diseñado varios parques lineales, espacios construidos sin interrumpir el recorrido natural de su cauce, ejemplo de ello es el parque lineal “Las Cuadras”, ubicado en el sector de Quitumbe al Sur de Quito, por el que atraviesa un tramo del río Machángara, tramo con características organolépticas nada aceptables, especialmente al ingresar, pero estas características mejoran al culminar su recorrido y salir del parque.

Con esta referencia se pretende comprobar o descartar la existencia de indicios de autodepuración de este tramo mediante un análisis fisicoquímico del agua.

**PALABRAS CLAVES:** Muestreo en Situ de Parámetros Fisicoquímicos, Machángara.

## ABSTRACT

The birth of a river originates in the high parts of the mountains, in the wilderness thanks to its geography, flora and soil type allow accumulated water to flow to the lower parts by gravity, a process that occurs in the top of the Atacazo and Guagua Pichincha Volcano that come together to form the Machángara river, south of the city of Quito, Pichincha Province.

Today, increasing urban occupation progresses rapidly saturating the space of the city, transforming the river Machángara in a site unprotected and contaminated.

The Metropolitan District of Quito, so as scenically recover sections of Machángara, has designed several linear parks, spaces built without interrupting the natural course of its channel, example is the linear park "Las Cuadras", located in the sector Quitumbe south of Quito, it goes across a stretch of river Machángara, stretch with nothing acceptable, especially when entering organoleptic characteristics, but these features improve to complete their journey and leave the park.

With this reference it is to prove or disprove the existence of evidence of self-purification of this section by a physico-chemical analysis of water.

**KEYWORDS:** Sampling Parameters Situ Physicochemical, Machángara.

## **PRESENTACIÓN**

El Capítulo I presenta una introducción al presente proyecto de titulación, detallando los antecedentes del río Machángara y del parque lineal Las Cuadras.

El Capítulo II muestra conceptos generales de la contaminación del agua, los principales contaminantes en el agua, los efectos provocados por los principales contaminantes en el agua y la contaminación de ríos.

El Capítulo III, como parte del desarrollo de la metodología de estudio, presenta la descripción del proyecto, la selección de puntos de monitoreo, la planificación del muestreo, recolección de muestras y datos in situ, así como los resultados obtenidos en el laboratorio.

El Capítulo IV presenta las conclusiones y recomendaciones generales del proyecto.

## **CAPITULO I. INTRODUCCIÓN**

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal, demostrar si existen o no indicios de autodepuración en un tramo del río Machángara, que atraviesa lateralmente el Parque Lineal Las Cuadras, ubicado en el sector de Quitumbre, al sur de la ciudad de Quito, provincia de Pichincha.

Para alcanzar el objetivo planteado, se realizó un muestreo in situ y posteriormente una caracterización del agua en laboratorio, cuyos valores obtenidos fueron comparados con los valores estándares de la Norma Ambiental, (TULAS LIBRO VI Anexo 1, Normas generales y límites permisibles para descargas de efluentes a un cuerpo de agua dulce), de manera referencial, respaldando o rechazando la hipótesis de una posible autodepuración en el tramo.

Partiendo de este antecedente se inicia con una breve introducción histórica del río Machángara

### **1.1 RESEÑA HISTÓRICA DEL RÍO MACHÁNGARA**

La autora Melissa Moreano, al referirse al río Machángara en el artículo de la Revista “Ecuador Terra Incógnita” menciona:

“A inicios del siglo XX el río de Quito, el Machángara, era sitio de baño y esparcimiento familiar. Los pobladores antiguos de Quito utilizaban el agua que se escurría por los pliegues del Pichincha, las quebradas que en época de lluvias alojaban verdaderos ríos. Otra fuente debió ser sin duda el Machángara.”(Moreano, 2010, pág. 1).

“Quito se mantuvo durante los tres siglos siguientes más o menos del mismo tamaño, ocupando lo que hoy es el Centro Histórico. A mediados del siglo XIX la ciudad creció por primera vez en superficie y población y demandó más recursos. En el siglo XX la ciudad seguía creciendo, en 1858 había alrededor de 27 900 habitantes en Quito. En 1922 había 80 702. Entre 1958 y 1975 la ciudad pasó de ocupar de 639 hectáreas a 6 156.”(Moreano, 2010, pág. 2).



Parafraseando el texto de Moreano, el crecimiento acelerado de la población, generó la necesidad de buscar nuevos espacios para vivienda en sitios antes considerados de difícil asentamiento, entre ellos las riberas del río que recorre la ciudad de Quito. El asentamiento y el incremento familiar dispararon el índice poblacional e incrementaron el uso del agua hasta saturar la precaria infraestructura sanitaria existente en la ciudad.

## **1.2 ORIGEN DEL AGUA QUE ABASTECE A QUITO**

La autora Giuseppina Da Rosal referirse al origen del agua que abastece a Quito, menciona:

“Desde Quito se observa las montañas y los páramos, bosques y glaciares que brindan agua a la población. Hacia la cordillera oriental se divisan tres importantísimas fuentes: el Cayambe, el Antisana y el Cotopaxi, en el lado opuesto, hacia occidente, están las fuentes primeras: el Pichincha y el Atacazo.”(Ros, 1995, pág. 117)

“Cada fuente o captación de agua para Quito está integrada a un sistema, manejado por la Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua potable, (EMAAP-Q), que capta, transporta, potabiliza, almacena y distribuye el agua para utilizarla en las diferentes zonas de la ciudad.”(Moreano, 2010, pág. 2).

## **1.3 EVACUACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DE QUITO**

“En la ciudad de Quito el agua llega a los hogares por medio de la tubería pública. En algunos inmuebles entra a una cisterna donde se almacena y en otras ocasiones pasa directamente a los grifos y surtidores de agua ubicados en baños, cocinas o patios. Agua utilizada en las diversas actividades de aseo, alimentación, recreación, entre otras.”(Moreano, 2010, pág. 3).

“El agua distribuida es la cantidad de líquido que sale de las plantas de potabilización. El promedio mundial es de 150 litros diarios consumidos por

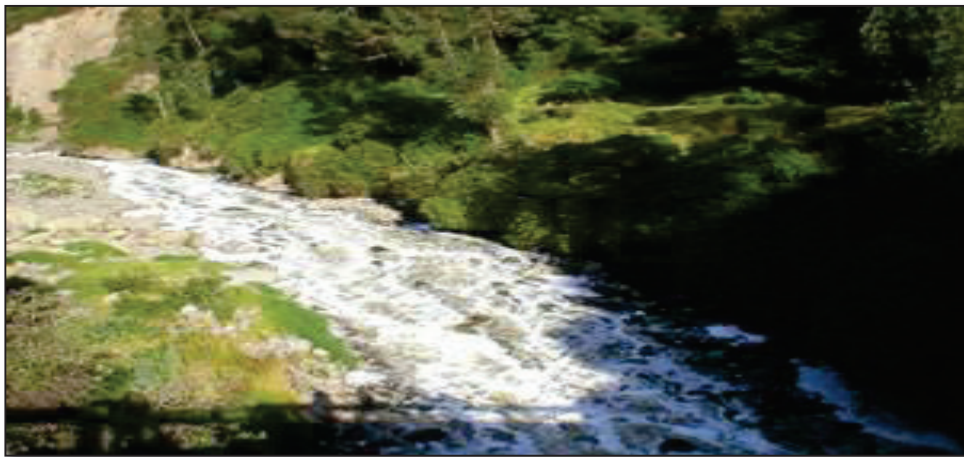
persona, con ciertas variaciones. Sin embargo, la EMAAP-Q señala que el consumo en Quito es de 170 litros por persona por día.”(Moreano, 2010, pág. 3).

“El agua utilizada en los hogares de Quito es evacuada a través del lavabo, ducha o del excusado gracias a las tuberías internas de las casas con conexión al sistema público de alcantarillado que las dirige directamente al cauce del río Machángara, recogiendo así la mayor parte de las descargas de aguas residuales de la ciudad.”(Moreano, 2010, pág. 4).

#### **1.4 SITUACIÓN ACTUAL DEL RÍO MACHÁNGARA**

“El cauce del Río Machángara se encuentra gravemente contaminado a causa de las descargas indiscriminadas de aguas residuales que genera la ciudad de Quito y que son vertidas al río sin ningún tratamiento previo.” (Ros, 1995, pág. 120).

**FIGURA 1.1:** RÍO MACHÁNGARA EN EL SECTOR DE MONJAS.



Fuente: Google\_ Imágenes río Machángara extraída el 20/06/2014.

Moreano afirma que una vez que el río atraviesa la ciudad de Quito, el río está muerto biológicamente, pues la contaminación es tan severa que ningún ser puede existir.

## **1.5 CREACIÓN DE PARQUES LINEALES EN LOS CAUCES DEL RÍO MACHÁNGARA**

En diversos tramos del río Machángara, se han establecido la construcción de parques lineales, los cuales tratan únicamente de recuperar paisajísticamente el entorno del río, respetando su recorrido natural y generando un atractivo turístico para el disfrute y esparcimiento de los habitantes. Una muestra de aquello es el parque lineal Las Cuadras.

### **1.6 PARQUE LINEAL LAS CUADRAS**

“El parque lineal Las Cuadras, es un espacio verde ideal para disfrutar en familia o entre amigos, ofrece a sus visitantes varias actividades recreativas como: paseos en ciclo-rutas, senderos para caminatas, áreas de ejercicio, juegos infantiles, gimnasia al aire libre y programas de bailoterapia.”(Hoy, 2008).

“El parque lineal Las Cuadras se encuentra ubicado al Sur de Quito, en la parroquia de Quitumbe entre las avenidas Rumichaca y Quitumbe y cuenta con una extensión total de 24 hectáreas. Extensión delimitada por un cerramiento de mallas que brindan seguridad a sus visitantes, formando sus dos únicas entradas: la primera entrada lateral Sur, ubicada en la avenida Rumichaca colindante con el hospital Un Canto a la Vida y con la Universidad Politécnica Salesiana y la segunda entrada, en el extremo Norte del parque, en la Av. Quitumbe cerca a la Estación del Trole bus, parada Morán Valverde, frente al Quicentro Sur.”(Hoy, 2008).

#### **1.6.1 SITUACIÓN ACTUAL DEL PARQUE LINEAL LAS CUADRAS CON RELACIÓN AL TRAMO DEL RÍO MACHÁNGARA**

El parque lineal Las Cuadras, además de ofrecer a sus visitantes varias actividades recreativas y de esparcimiento, cuenta en su interior, con un tramo del río Machángara, que atraviesa el parque en el sector suroeste del mismo.

Este tramo, cuenta con una longitud aproximada de 500 metros desde su ingreso hasta su salida, como lo muestra la figura 1.2. Su estancia en el parque no brinda una vista agradable para sus visitantes, situación que se agrava en época de invierno cuando el caudal asciende y provoca que el agua se vuelva más turbia por el arrastre de sedimentos y materia orgánica que genera malos olores durante su evaporación y un crecimiento exuberante de vegetación, con mayor prominencia a las orillas y extremos del tramo.

**FIGURA 1.2:** IMAGEN SATELITAL DEL TRAMO CON LOS PUNTOS DE ENTRADA Y SALIDA.



Fuente: extraída de Google\_ Earth el 18/01/2014.

Elaborado por: Pablo Pazmiño-delineado de color azul se encuentra el tramo del río Machángara que ingresa al parque lineal Las Cuadras y de color rojo los puntos los puntos entrada y salida.

### **1.6.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL TRAMO DE RÍO MACHÁNGARA EN EL PARQUE LINEAL LAS CUADRAS**

El caudal del tramo de río Machángara ingresa por el extremo suroeste del parque, por medio de una estructura de hormigón forma rectangular que mide 6 metros de ancho por 2,4 metros de alto, estructura construida por diferencia de nivel para evitar que el caudal entrante vuelva a reingresar, lo que crea una caída de agua de aproximadamente de un metro y medio de alto, como lo muestra la figura 1.3.

El caudal entrante, cae y reposa momentáneamente, formando un remanso de volumen considerable, la acción solar en este punto desprende malos olores durante su evaporación y la caída constante de agua genera espumas.

**FIGURA 1.3:** ESTRUCTURA SUR QUE PERMITE EL INGRESO DEL CAUDAL AL PARQUE LINEAL LAS CUADRAS.



Fuente: Fotografía capturada el 14/10/2014.

Elaborado por: Pablo Pazmiño, delineado de color negro se encuentra el remanso formando al ingresar el caudal al parque lineal Las Cuadras.

El caudal del tramo de río Machángara analizado, transita por diversas sinuosidades durante su trayecto y su recorrido está colmado de vegetación endémica de la ciudad de Quito, como se muestra en la figura 1.4 a continuación.



**FIGURA 1.4:** TRAYECTO SINUOSO DEL TRAMO EN EL PARQUE LINEAL LAS CUADRAS.

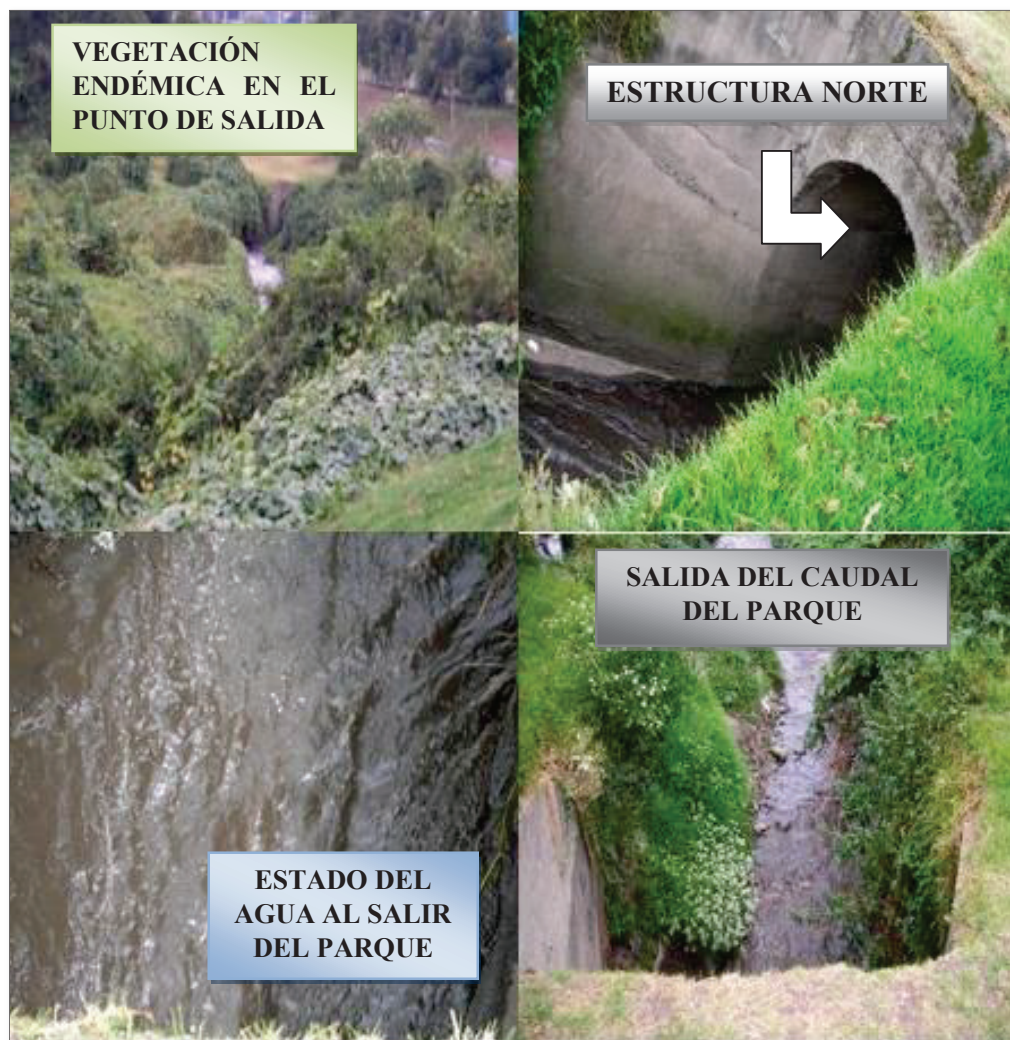


Fuente: fotografía captura el 14/10/2014.

Elaborado por: Pablo Pazmiño, las flechas de color blanco indican la trayectoria y dirección del recorrido del tramo de río Machángara en el parque lineal Las Cuadras.

El recorrido de este cauce concluye en una segunda estructura de hormigón tipo bocatoma en forma de túnel, estructura que permite la salida del caudal, tramo de río Machángara del parque lineal Las Cuadras, como lo muestra la figura 1.5 a continuación.

**FIGURA 1.5:** ESTRUCTURA NORTE, SALIDA DEL TRAMO DE RÍO MACHÁNGARA DEL PARQUE LINEAL LAS CUADRAS.



Fuente: fotografía captura el 14/10/2014.

Elaborado por: Pablo Pazmiño.

## CAPÍTULO II. CONCEPTOS GENERALES

### 2.1 CONTAMINACIÓN HÍDRICA

“La contaminación del agua se produce por vertido en ella de un elemento o compuesto, orgánico o inorgánico, que disuelto o suspendido, alcance una concentración que exceda la tolerancia para un uso determinado. Estos usos pueden ser para consumo humano, recreación, conservación de flora y fauna, uso industrial, entre otras. La fuente contaminante puede tener origen doméstico, industrial, agrícola y, a veces origen natural. Las corrientes, lagos, bahías y demás masas de agua tienen capacidad de dilución y autodepuración de los contaminantes. Sin embargo, debido al aumento creciente de la población, y de la actividad industrial las cargas contaminantes vertidas a las fuentes cada vez exceden más estas capacidades, con el consecuente deterioro paulatino de este recurso, igualmente cada vez necesitado para la actividad humana e industrial.”(Orozco, 2005, pág. 1).

“Las aguas residuales o servidas (AR) son aquellas que han sido usadas en la actividad doméstica o industrial. El tratamiento debe estar dirigido a reducir la concentración del elemento contaminante que afecte los parámetros de calidad para el uso definido del agua. Por ejemplo, la demanda bioquímica de oxígeno, DBO, afecta el oxígeno disuelto (OD) de la corriente de agua. El agua residual doméstica (ARD) producto de la actividad normal de las viviendas humanas, tiene un alto contenido de DBO. Es natural que al arrojar las ARD a una corriente en cantidad que exceda su capacidad de autodepuración puede bajar la concentración de oxígeno disuelto por debajo de  $4.0 \text{ g/m}^3$  mínimo requerido para el uso de la conservación de fauna acuática superior.”(Orozco, 2005, pág. 3)

Para determinar o cuantificar cualitativamente el grado de contaminación hídrica con la ayuda de los resultados obtenidos de las muestras de agua, podemos utilizar 2 relaciones estadísticas: la prueba del CHI-CUARADO, una estadística no



paramétrica y el ACP una visión del nivel de contaminación general, que resulta de combinar todas las variables en un solo valor adimensional.

### **PRUEBA DE CHI-CUADRADO, ESTADÍSTICA NO PARAMÉTRICA**

“Estudio de varias cuestión en relación con variables cuantitativas o cualitativas cuyo datos estas recogidos en tablas de frecuencias. El denominador común a todas ellas es que su tratamiento estadístico está basado en la misma distribución teórica: la distribución  $\chi^2$  (chi-cuadrado ó ji-cuadrado)”. (Monge & Ángel)

En esencia se abordan tres tipos de problemas:

**“a) Prueba de Bondad de Ajuste**, consiste en determinar si los datos de cierta muestra corresponden a cierta distribución poblacional. En este caso es necesario que los valores de la variable en la muestra y sobre la cual queremos realizar la inferencia esté dividida en clases de ocurrencia, o equivalentemente, sea cual sea la variable de estudio, deberemos categorizar los datos asignado sus valores a diferentes clases o grupos”.(Monge & Ángel)

**“b) Prueba de Homogeneidad** de varias muestras cualitativas, consiste en comprobar si varias muestras de carácter cualitativo proceden de la misma población (por ejemplo: ¿estas tres muestras de alumnos provienen de poblaciones con igual distribución de aprobados? Es necesario que las dos variables medibles estén representadas mediante categorías con las cuales construiremos una tabla de contingencia.”(Monge & Ángel)

**“c) Prueba de Independencia**, consistente en comprobar si dos características cualitativas están relacionadas entre sí (por ejemplo: ¿el color de ojos está relacionado con el color de los cabellos?). Aunque conceptualmente difiere del anterior, operativamente proporciona los mismos resultados. Este tipo de contrastes se aplica cuando deseamos

comparar una variable en dos situaciones o poblaciones diferentes, i.e., deseamos estudiar si existen diferencias en las dos poblaciones respecto a la variable de estudio.”(Monge & Ángel)

**“El Análisis de Componentes Principales (ACP)** es una técnica estadística de síntesis de la información, o reducción de la dimensión (número de variables). Es decir, ante un banco de datos con muchas variables, el objetivo será reducirlas a un menor número perdiendo la menor cantidad de información posible.”(Terrádez).

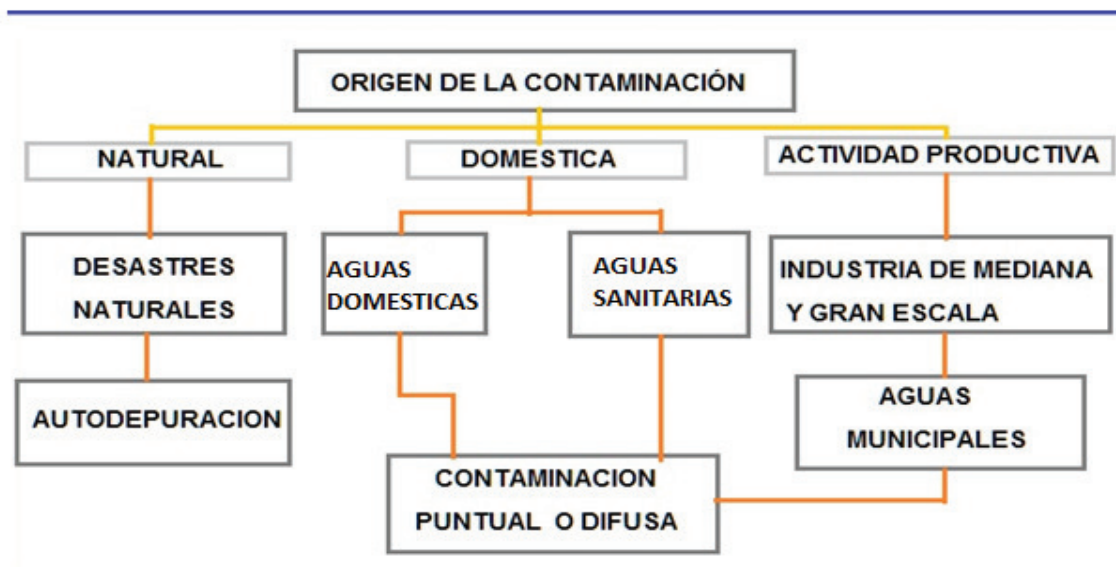
“Los nuevos componentes principales o factores serán una combinación lineal de las variables originales, y además serán independientes entre sí. Un aspecto clave en ACP es la interpretación de los factores, ya que ésta no viene dada a priori, sino que será deducida tras observar la relación de los factores con las variables iniciales (habrá, pues, que estudiar tanto el signo como la magnitud de las correlaciones). Esto no siempre es fácil, y será de vital importancia el conocimiento que el experto tenga sobre la materia de investigación.”(Terrádez).

## **2.2 ORIGEN DE LA CONTAMINACIÓN**

“El origen de la contaminación del agua puede ser producido por tres factores principales: de forma natural, doméstica y por la actividad industrial o productiva.”(Heinke & Glynn, 1999, pág. 427).

Los factores y principales fuentes de contaminación se describen brevemente en la figura 2.1 a continuación.

**FIGURA 2.1:** MAPA CONCEPTUAL DEL ORIGEN DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA.



FUENTE:(Heinke & Glynn, 1999, pág. 427).

Elaborado por: Pablo Pazmiño.

## **2.3 PRINCIPALES CONTAMINANTES E INDICADORES DE LA CONTAMINACIÓN EN EL AGUA**

### **2.3.1 MATERIA ORGÁNICA**

“La materia orgánica representa la parte más importante de la contaminación y es aquella que agota el oxígeno disuelto en las masas de agua. En las aguas residuales de composición típica, cerca del 70% de los sólidos suspendidos y entre el 45 y 50 % de los sólidos fijos o filtrados, son materia orgánica.”(Orozco, 2005, pág. 13).

“La materia orgánica está compuesta de carbono, hidrógeno, oxígeno, elementos comunes a todos los compuestos orgánicos, juntos con el nitrógeno y el fósforo en algunos casos. En el agua residual, se divide por conveniencia en diferentes grupos como:”(Orozco, 2005, pág. 13)

- **“Aceites y grasas:** este grupo es el tercero en importancia en la comida. En las aguas residuales, proviene de la mantequilla y los aceites vegetales. Son elementos muy estables y difíciles de descomponer por las bacterias en las aguas residuales.”(Orozco, 2005, pág. 13). “Por lo tanto deben ser removidos antes del tratamiento o traerán problemas en la descomposición de la materia orgánica.”(Doméneh & Peral, 2006, pág. 190).
- **“Surfactantes:** son moléculas grandes ligeramente solubles en agua, y que causan espuma, conocidos como detergentes.”(Capó, 2007, pág. 23). “Los surfactantes o detergentes sirven para mojar, crear espumas, emulsionar y favorecer la suspensión de partículas. Contienen, comúnmente, entre 15% y 50% de sustancias tensoactivas, por lo que tiene el efecto de disminuir la tensión superficial del agua.”(Jiménez, 2001, pág. 76).

### 2.3.2 SÓLIDOS

“La materia orgánica a menudo está en forma de partículas en suspensión y sólidos disueltos. Además los sólidos pueden ser volátiles que indican procedencia orgánica, o fijos que se presumen como sólidos inorgánicos.”(Orozco, 2005, pág. 26)

“Los sólidos totales se componen de los sólidos suspendidos + sólidos disueltos. Los más importantes en el agua residual son los sólidos suspendidos, especialmente los sólidos suspendidos volátiles que son la materia orgánica presente en el agua residual en forma de partículas.”(Orozco, 2005, pág. 26)

“Otro tipo de sólido importante en el agua residual son los sólidos sedimentables, que se determinan por volumen (ml) de sólidos que se asientan en 30 minutos en un recipiente cónico conocido como cono imhoff.

Sirve para determinar la cantidad y asentabilidad de los lodos presente en el agua residual.”(Orozco, 2005, pág. 26).

### **2.3.3 NITRÓGENO**

“El nitrógeno es el componente principal de las proteínas. Además, conjuntamente con el fósforo, es un nutriente esencial para el crecimiento de plantas y protistas, especialmente de algas y bacterias.”(Jiménez, 2001, pág. 67).

“Cuando el agua residual se descarga en un río, el nitrógeno esta principalmente en forma orgánica (N), y luego se descompone en amoníaco (NH<sub>3</sub>), nitrito (NO<sub>2</sub>) y nitratos (NO<sub>3</sub>).”(Jiménez, 2001, pág. 67).

### **2.3.4 FÓSFORO**

“El fósforo (P) proviene de las plantas, animales, suelos, fertilizantes, detergentes y descargas industriales, principalmente del agua de acondicionamiento para calderas. Las descargas de lavanderías o tintorerías lo contienen en grandes cantidad y es otro nutriente esencial para el crecimiento de algas y bacterias.”(Jiménez, 2001, pág. 70).

“En agua, su presencia estimula el crecimiento de organismo fotosintéticos en cantidades perniciosas y, frecuentemente, es el agente limitante del crecimiento en lugar del nitrógeno, ya que este puede ser fijado directamente de la atmosfera por organismos específicos.”(Jiménez, 2001, pág. 70). “En el Agua residual doméstica el fósforo puede estar en concentraciones de 4 a 15 mg/l de modo que la descarga puede causar la eutrofización.”(Orozco, 2005, pág. 30).

### 2.3.5 OXÍGENO DISUELTO

“El oxígeno disuelto es el principal indicador del estado de contaminación de una masa de agua, pues la materia orgánica contenida en ella tiene como efecto directo su consumo. Los sólidos suspendidos también afectan la solubilidad del oxígeno.”(Orozco, 2005, pág. 14).

“La concentración de oxígeno disuelto en agua se ve afectada por muchos factores, incluyendo la temperatura ambiente y la presión atmosférica. Los datos precisos de oxígeno disuelto son esenciales para la comprensión y efectos sobre las masas de agua que se derivan de los fenómenos naturales y las actividades humanas. Fuentes de oxígeno disuelto en el agua incluyen la aireación atmosférica y las actividades fotosíntesis de las plantas acuáticas.”(Orozco, 2005, pág. 14).

“Muchas reacciones químicas y biológicas en las aguas superficiales dependen directa o indirectamente de la cantidad de oxígeno disponible. La presencia de oxígeno en los sistemas acuáticos es necesaria para la supervivencia y el crecimiento de muchos organismos acuáticos utilizados inclusive como indicadores de la calidad del agua.”(Orozco, 2005, pág. 15).

“En general, el oxígeno disuelto debe estar por encima de los 5 mg/l, concentración mínima necesaria para sustentar la vida. Concentraciones menores causarán la desaparición de la vida acuática superior. Por debajo de un 1 mg/l promedio medido en las masas de agua, se encontrará con seguridad zonas anaeróbicas y por consiguiente habrá presencia de malos olores. Cuando la concentración llega a cero, la descomposición anaerobia es generalizada así como la presencia de malos olores.”(Orozco, 2005, pág. 15).

### **2.3.6 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO).**

“La demanda bioquímica de oxígeno (DBO), da una idea de la concentración de materia orgánica biodegradable y se calcula a partir de la medida de la disminución de la concentración de oxígeno disuelto, después de incubar una muestra durante un determinado periodo de tiempo (habitualmente 5 días, DBO<sub>5</sub>). La medida debe hacerse en la oscuridad, para evitar la producción fotosintética de oxígeno, y manteniendo un pH de 7-7,5. Las unidades de la DBO son mg de O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup>. Un agua residual urbana tiene, en general, valores de DBO<sub>5</sub> entre 100 y 400 mg L<sup>-1</sup>.”(Doméneh & Peral, 2006, pág. 190).

### **2.3.7 DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)**

“La DQO corresponde a una oxidación química de las sustancias oxidables que contiene la muestra. Se determina por medio de una valoración redox de la muestra con un oxidante químico fuerte, como es el dicromato de potasio o permanganato potásico en medio ácido. La DQO se expresa, al igual que la DBO, en mg de O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup>, es decir, en términos de la cantidad de oxígeno equivalente al oxidante químico gastado en la valoración. El valor de la DQO es mayor que el correspondiente a la DBO, puesto que el oxidante utilizado en la determinación es más fuerte que el oxígeno y por tanto oxida a un mayor número de sustancias. Un agua residual urbana presenta valores de DQO entre 250 y 1000 mg L<sup>-1</sup>.”(Doméneh & Peral, 2006, pág. 190).

“Habitualmente se utiliza la relación DBO/DQO para estimar la biodegradabilidad de un agua residual; así, para relaciones DBO/DQO superiores a 0,4 el agua puede considerarse biodegradable, mientras que las aguas con relación DBO/DQO inferiores a 0,2 son básicamente no biodegradables.”(Doméneh & Peral, 2006, pág. 190).

### 2.3.8 pH

“El agua actúa como ácido y como base, propiedad que se conoce como amfoterismo, siendo.”(Orozco, 2005, pág. 25)

- “pH < 7: *solución ácida.*”
- “pH = 7 : *solución neutra.*”
- “pH > 7 : *solución básica.*”(Orozco, 2005, pág. 25)

“El pH es una medida relativa de la acidez o alcalinidad del agua. La acidez natural es producida principalmente por el  $CO_2$  y ocurre cuando el pH está entre 6,5 y 4,5. Valores de pH más bajos de 4,5 son debido a la acidez mineral producido por ácidos fuertes como el ácido sulfúrico, ácido clorhídrico o el ácido nítrico. Por otro lado la alcalinidad natural es producida por carbonatos y bicarbonatos y puede llevar el pH hasta valores de 8,3. Valores más altos requieren de alcalinidad de hidróxidos que es producida por bases fuerte con el hidróxido de sodio o de calcio.”(Orozco, 2005, pág. 28)

### 2.3.9 TEMPERATURA

“Las mediciones de temperatura se requieren en estudios de autopurificación de ríos y reservorios y para el control de plantas de tratamientos de desechos. La temperatura del agua es importante con relación a la vida de los peces.”(Jurado, 1998 pág. 20).

“El termómetro de mercurio es el dispositivo más utilizado para medir la temperatura, de igual forma los dispositivos electrónicos pueden realizar esta medición gracias a un sensor de temperatura con algún tipo de escala calibrada.”(Jurado, 1998 pág. 20).



### **2.3.9.1 Recomendaciones para medir la temperatura en aguas superficiales**

- “La temperatura del agua superficial siempre debe medirse in situ.”(Jurado, 1998 pág. 21).
- “La temperatura del aire, además de la temperatura del agua, debe medirse y registrarse cada vez que se recogen muestras de agua.”(Jurado, 1998 pág. 21).
- “Medir la temperatura de tal manera que se representa la media o la mediana de la temperatura en el momento de la recolección.”(Jurado, 1998 pág. 21).
- “No hacer mediciones de temperatura con flujo turbulento o de las orillas (a menos que esto representa específicamente la condición destinada a ser supervisado).”(Jurado, 1998 pág. 21).
- “Los termómetros y otros equipos de medición de temperatura y materiales de construcción deben ser probados antes de cada salida de campo y limpiarse inmediatamente después de su uso.”(Jurado, 1998 pág. 21).
- “Para evitar lecturas erróneas causadas por la radiación solar directa, soporte de modo que una sombra se proyecta en el sitio para la medición de la temperatura.”(Jurado, 1998 pág. 21).

### **2.3.10 TURBIDEZ**

“La turbidez es una expresión de la propiedad óptica que causa que la luz se disperse y se absorba en vez de transmitirse en línea recta a través de la muestra.”(Heinke & Glynn, 1999, pág. 390).

“La turbidez en el agua se debe a la materia suspendida, como lodo, arcilla, algas, bacterias y otras partículas. La unidad estándar de medición de turbidez, adoptada por la industria del agua, es la unidad nefelométrica de turbidez (NTU, por sus siglas en inglés), llamada así por el instrumento que se emplea para medirla, el nefelómetro.”(Heinke & Glynn, 1999, pág. 390).

## **2.4 FUENTES DE CONTAMINACIÓN ANTROPOGÉNICAS**

“La contaminación del agua ha existido desde siempre. Claro que inicialmente en un forma muy local. Cada vez se arroja por vías naturales o humanas un desperdicio al agua, se crea un foco de contaminación. Sin embargo, los sistemas acuáticos tienen medios efectivos de hacerle frente a estos agravios, de los cuales los más importantes son la dilución y la capacidad de autodepuración.”(Orozco, 2005, pág. 32).

### **2.4.1 ORIGEN DOMÉSTICO**

Según la EMAAP-Q (2013) “El abasto público de agua se refiere al agua limpia y segura para uso de hogares, escuelas, actividades comerciales e industriales, limpieza de calles y protección contra incendios. El agua para beber, para la higiene personal y para fines sanitarios es de importancia capital para la salud y el bienestar de la sociedad.”

En los mismos términos, Moreano establece que “la contaminación de un agua usada urbana se estima en función de su caudal, de su concentración en materias en suspensión y de su demanda biológica (DBO)”. “El promedio mundial es de 150 litros diarios consumidos por persona, con ciertas variaciones.”(Moreano, 2010, pág. 3).

### **2.4.2 ORIGEN AGRÍCOLA-GANADERO**

“La principal fuente no puntual de contaminación del agua es la agricultura. Muchas personas desechan los productos químicos y fertilizantes en los ríos y caudales cercanos. Una fácil solución para este problema es disminuir completamente el uso de estos productos en tierras planas o cerca de laderas.”(1993, pág. 22)

“Los ganaderos también pueden controlar la contaminación de las aguas superficiales cercanas al evitar la utilización de terrenos inclinados para el

escurrimiento de desechos animales provenientes de las granjas.”(Cárdenas & Cárdenas, 2009, págs. 10-11).

### **2.4.3 ORIGEN PLUVIAL**

“Aunque nos referimos a ríos y pozos como fuentes de agua, estos dependen para su reabastecimiento de la precipitación en forma de lluvia-nieve. Por tanto, la cantidad de precipitación y la de agua disponible están relacionadas de manera estrecha. Desde el momento en que se condensa en forma de lluvia, el agua disuelve los componentes químicos de sus alrededores a medida que cae a través de la atmósfera, corre sobre la superficie del suelo y se filtra a través del mismo.”(Heinke & Glynn, 1999, pág. 394).

### **2.5 EUTROFIZACIÓN**

“Las algas son un grupo fotosintético muy similar a las plantas. Causan problemas en el suministro de agua porque confieren sabores y olores desagradables al igual que tapan los filtros. Sin embargo, estos organismos son benéficos en los estanques de oxidación, pues suministran oxígeno para el tratamiento económico de las aguas residuales.”(Cárdenas & Cárdenas, 2009, pág. 14).

“Por otro lado, en una laguna, río o estuario es un sistema natural en equilibrio, donde la cantidad de recursos que entran es similar al que sale. Cuando la cantidad de nutriente que entra a este sistema es mayor a la de costumbre y este suceso se hace constante, el sistema pierde su equilibrio, lo que eleva la concentración de nutrientes minerales, provocando que la masa de algas aumente su volumen en cantidades excesivas disminuyendo significativamente el empleo de este recurso por el hombre.”(Cárdenas & Cárdenas, 2009, pág. 14).

### 2.5.1 FUENTES DE EUTROFIZACIÓN

Según los autores Cárdenas & Cárdenas, las fuentes de eutrofización pueden ser:

**“a) Eutrofización natural.-** La eutrofización es un proceso que se va produciendo lentamente de forma natural en todos los lagos del mundo, porque todos van recibiendo nutrientes.”

**“b) Eutrofización de origen humano.-** Los vertidos humanos aceleran el proceso hasta convertirlo, muchas veces, en un grave problema de contaminación, siendo las principales fuentes:”

- “Los vertidos urbanos, que llevan detergentes y desechos orgánicos.”
- “Los vertidos ganaderos y agrícolas, que aportan fertilizantes, desechos orgánicos y otros residuos ricos en fosfatos y nitratos.”

### 2.6 EFECTOS DE LOS PRINCIPALES CONTAMINANTES EN EL AGUA

El agua se contamina cuando la descarga de residuos perjudica su calidad o perturba el equilibrio ecológico natural. Para Cárdenas & Cárdenas, los principales contaminantes que causan problemas en el agua son:

- “Sólidos suspendidos o disueltos que degradan su color y aumenta la turbidez del cauce natural.”
- “Fenoles, aceites y grasas que retarda el proceso de autodepuración en el agua.”
- “El aumento de la temperatura disminuye la capacidad de contener oxígeno en el agua.”
- “Las espumas que imposibilita la descomposición natural.”
- “Presencia de materia orgánica, que al disolverse o estancarse produce malos olores, principalmente en presencia de la luz solar.”

### **2.6.1 EFECTOS PROVOCADOS POR LOS SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN**

“Muchas partículas arrancadas del suelo y arrastradas a las aguas junto con otros material que hay en suspensión en el agua, son en términos de masa total la mayor fuente de contaminación del agua, la turbidez que provocan los sedimentos en el agua dificulta la vida de algunas organismos y se van acumulando lo cual destruye sitios de alimentación de los peces, rellena y obstruyen canales.”(Cárdenas & Cárdenas, 2009, pág. 12).

### **2.6.2 EFECTOS PROVOCADOS POR LOS FENOLES**

“Son ácidos, sales que si están en cantidades altas pueden causar graves daños a los seres vivos, disminuir los rendimientos agrícolas y corroer equipos que se utiliza para trabajar con el agua.”(Cárdenas & Cárdenas, 2009, pág. 11).

### **2.6.3 EFECTOS PROVOCADOS POR LAS GRASAS Y ACEITES**

“Estos productos fabricados por el hombre acaba en el agua y permanecen largos periodos de tiempo, debido a que tienen estructuras moleculares complejas difíciles de degradar por microorganismos.”(Cárdenas & Cárdenas, 2009, pág. 12).

### **2.6.4 EFECTOS PROVOCADOS POR EL CALOR**

“El agua caliente liberada por centrales de energía o procesos industriales eleva la temperatura de ríos con lo que disminuye su capacidad de contener oxígeno y afecta la vida de los organismos.”(Cárdenas & Cárdenas, 2009, pág. 12).

## 2.6.5 EFECTOS PROVOCADOS POR LOS DETERGENTES

“Los jabones y productos de limpieza tienen un alto porcentaje de sales inorgánicas, sustancias químicas que van a parar a las aguas, se almacenan e incrementan en los puntos muertos durante el transcurso del cauce, creando una capa de espumas que imposibilita la descomposición natural.”(Cárdenas & Cárdenas, 2009, pág. 12).

## 2.6.6 EFECTOS PROVOCADOS POR LA MATERIA ORGÁNICA

“Conjunto de residuos orgánicos producido por los seres humanos, ganado y otros materiales que pueden ser descompuestos por bacterias aerobias, es decir en proceso con consumo de oxígeno, cuando estos residuos se encuentran en exceso la producción de bacterias agota el oxígeno eliminando cualquier tipo de vida que necesite oxígeno.”(Cárdenas & Cárdenas, 2009, pág. 11).

## 2.7 AGUA RESIDUAL

“La cantidad de agua residual por lo común se determina a partir del uso del agua. Puesto que el agua es utilizada por los humanos, así como por la industria resumiéndolas en:”(Heinke & Glynn, 1999, pág. 427).

- **“Aguas residuales domésticas**, derivadas de las áreas residenciales, estas incluyen residuos provenientes de cocinas, baños, lavado de ropa y drenaje de pisos. Éstas, junto de con los residuos líquidos de los establecimientos comerciales e industriales, se designa **como aguas residuales municipales.**”(Heinke & Glynn, 1999, pág. 427).

“Los desechos líquidos que excretan los humanos se conoce como **aguas negras sanitarias.**”(Heinke & Glynn, 1999, pág. 427).

## 2.8 CONTAMINACIÓN DE RÍOS

“La contaminación, en cualquiera de sus formas, es cuestión de concentración. La concentración de una sustancia en el agua se da en términos de cantidad de masa por unidad de volumen. Si se arrojara unos cuantos gramos de un tóxico en un tanque de almacenamiento de unos pocos metros cúbicos de capacidad, tendríamos una forma grave de contaminación. Esta misma cantidad de veneno en los millones de metros cúbicos del océano no tiene una significación importante. Esta es la acción de la dilución. Grandes volúmenes de agua pueden convertir en inofensiva una descarga de un contaminante.”(Orozco, 2005. pág. 32).

“Por otra parte, las masas de agua tienen en su seno microorganismos y sustancias químicas que metabolizan y reaccionan con las sustancias contaminantes, degradándolas, y haciéndolas desaparecer finalmente. Esto constituye en esencia la capacidad de autodepuración.”(Orozco, 2005. pág. 33).

“Cuando se concentra en algún sitio una gran capacidad de producción de desperdicios, por ejemplo en las ciudades y las fábricas, estos, al ser arrojados, para su transporte “lejos”, a un río, crean una fuente contaminante poderosa que a menudo empequeñece las capacidades de dilución y de autodepuración, en algunos casos las destruye completamente.”(Orozco, 2005, pág. 34).

“En general, estas sustancias están constituidas por materia orgánica, producto del metabolismo de hombres, animales e industrias.”(Heinke & Glynn, 1999, pág. 427).

## **2.9 REFERENCIA LEGAL**

La referencia legal utilizada para este proyecto de titulación fue el TULAS LIBRO VI Anexo 1, NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE FLUENTES: RECURSOS AGUA, dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la prevención y control de la contaminación ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

Esta norma tiene como objetivo la prevención y control de la contaminación ambiental, en lo relativo al recurso agua para salvaguardar y preservar la integridad de las personas, de los ecosistemas, sus interrelaciones y del ambiente en general, la misma que se desglosa en el **ANEXO 1** al final de este proyecto de titulación.

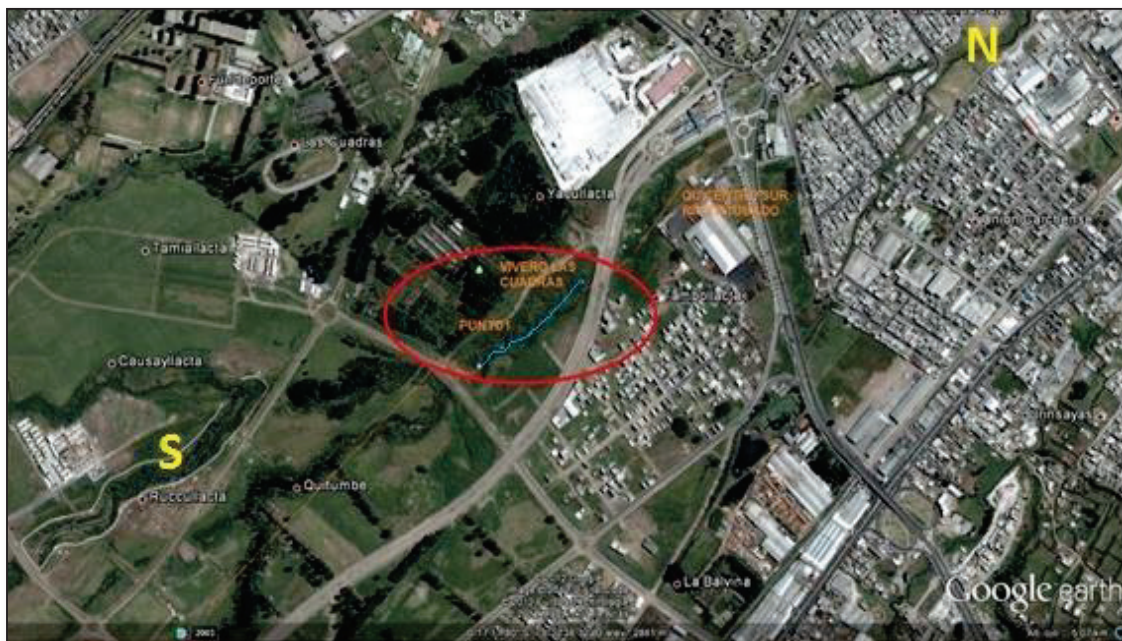


## CAPITULO III. METODOLOGÍA DE ESTUDIO

### 3.1 RECONOCIMIENTO DEL LUGAR

Como se mencionó al principio, el tramo del río Machángara en estudio, es de aproximadamente 500 metros de longitud y atraviesa lateralmente, con dirección de Sur a Norte, el parque lineal Las Cuadras, ubicado en el sector Sur de la ciudad de Quito, entre las avenidas Rumichaca y Quitumbe, como lo muestra la figura 3.1.

**FIGURA 3.1:** CAUCE DEL RÍO MACHÁNGARA QUE ATRAVIESA LATERALMENTE EL PARQUE LINEAL LAS CUADRAS CON DIRECCIÓN SUR (INGRESO) A NORTE (SALIDA).



Fuente: Imagen de Google\_Earth extraída el 22/01/2012.

Elaborado por: Pablo Pazmiño.

El caudal de este tramo ingresó por el extremo suroeste del parque lineal Las Cuadras, a través de una primera estructura (ubicada al Sur del parque) de hormigón de forma rectangular, recorrió un trayecto bastante sinuoso durante su estancia en el parque y terminó su recorrido en una segunda estructura (ubicada al Norte del parque) de hormigón tipo bocatoma en forma de túnel, como lo demuestra la figura 3.2 a continuación.

**FIGURA 3.2:** ESTRUCTURAS QUE PERMITEN EL INGRESO Y LA SALIDA DEL TRAMO DE RÍO MACHÁNGARA EN EL PARQUE LINEAL LAS CUADRAS.



Fuente: fotografía captura el 14/10/2014.

Elaborado por: Pablo Pazmiño.

### **3.2 ASPECTOS AMBIENTALES DEL TRAMO DE RÍO MACHÁNGARA EN EL PARQUE LINEAL LAS CUADRAS**

Durante las visitas de campo al tramo de río Machángara que atraviesa lateralmente el parque lineal Las Cuadras, lo más relevante fue la presencia de plantas de zambos, moras, taxos y ortigas en una amplia distribución a las riberas y extremos del tramo, vegetación que puede resistir el contacto directo con el agua residual.

La temperatura registrada en el lugar oscila entre los 22 y 25 °C con dos estaciones bien marcadas durante el año: invierno y verano.

En la estación de invierno, las frecuentes e intensas lluvias, incrementan el caudal; mientras que, en la estación de verano se presentan días cálidos con escasa humedad que estimulan el crecimiento de vegetación como:

- Acacias (ubicadas en los extremos del tramo).
- Cipreses (ubicados en los extremos del tramo).
- Marco (planta medicinal-ubicado en las riberas).
- Eucalipto (planta medicinal-ubicado en los extremos del tramo).
- Sauces (ubicados en los extremos del tramo).
- Tilos (ubicados en los extremos del tramo).
- Ortiga (ubicada en las riberas).
- Césped (ubicado a los extremos del tramo).
- Moras (ubicadas en las riberas).
- Taxos (ubicados en las riberas).
- Zambos (ubicados en las riberas).

**FIGURA 3.3:** PLANTAS DE ZAMBO UBICADAS A LAS RIBERAS DEL TRAMO DE RÍO MACHÁNGARA EN EL PARQUE LINEAL LAS CUADRAS.



Fuente: fotografía capturada el 14/10/2014 / Elaborado por: Pablo Pazmiño. Respecto a la biodiversidad animal, se observó aves silvestres como: tórtolas, mirlos y algunos colibríes que sobrevuelan en la vegetación del tramo. Mientras que, en las riberas se constató la presencia de moscas, moquitos y ratas.



### 3.3 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL AGUA

El tipo de agua que ingresó al parque lineal Las Cuadras proveniente del tramo de río Machángara, es agua residual tipo doméstica, generada por los habitantes del sector cercanos al cauce y por las escorrentías superficiales.

El caudal aproximado de ingreso fue de  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  y presentó una gran cantidad de espumas, color arenoso, material flotante y un despidio de mal olor. Conforme avanza el caudal aguas abajo, lo realizó por una trayectoria bastante sinuosa, haciendo que las espumas entrantes disminuyan considerablemente, hasta desaparecer su presencia al salir el caudal del parque, como lo muestra la figura 3.4.

**FIGURA 3.4:** COMPARACIÓN VISUAL ENTRE EL INGRESO VS LA SALIDA DEL CAUDAL.



Fuente: fotografía capturada en el parque lineal Las Cuadras el 14/10/2014.

Elaborado por: Pablo Pazmiño.

### **3.4 INSTRUMENTACIÓN Y MATERIALES PARA EL MONITOREO**

La instrumentación y materiales utilizados para el monitoreo fueron divididos de acuerdo a la actividad a realizar:

#### **PARA EL AFORO DEL CAUDAL Y TOMA DE DATOS IN SITU**

- Un balde de 4 litros de capacidad.
- Pelotas de plástico de diversos tamaños (serán los flotadores).
- Anilina vegetal.
- Alambre.
- Cronómetro.
- Palos de madera numerados de un metro y medio de alto.
- Cinta métrica de dos metros.
- Un Metro.
- Cuerdas marcadas con nudos (la distancia de un nudo a otro en metros).
- Sogas de seguridad.
- Botas de caña alta.
- Mandil de color blanco.
- Ropa impermeable.
- Buzo con capucha.
- Gafas protectoras.
- Mascarillas.
- Guantes de látex.
- Guantes de caucho.
- Binoculares.
- Cámara fotográfica.
- Cuaderno con esferográficos de colores.
- Una tijera.
- Baterías AAA y AA.
- Celular.
- Garrafa con agua potable y una botella con agua destilada.
- Alcohol.

- Equipo portátil HANNA (HI 9813-6) para análisis de parámetros in situ (pH, temperatura, conductividad y TDS).
- Termómetro de mercurio (de -20°C hasta 250°C).

### **PARA LA RECOLECCIÓN DE MUESTRAS, PRESERVACIÓN Y TRASPORTE:**

- Un balde de 4 litros de capacidad.
- Recipientes de plástico de diversos volúmenes.
- Sogas de seguridad por evitar caídas a la corriente.
- Botas de caña alta.
- Mandil de color blanco.
- Mascarillas.
- Gafas protectoras.
- Masking transparente.
- Masking para etiquetar.
- Marcador permanente rojo y negro.
- Hielo sintético y hielo simple.
- Botellas extras de plástico de 1000 ml.
- Guantes de caucho.
- Guantes de látex.
- Garrafa de agua potable.
- Fundas negras estériles medianas y grandes.
- Un bolso de plástico o de compras nuevo.
- Un termómetro de mercurio (de -20°C hasta 250°C).

### **MATERIAL DE ASEO**

- Jabón en barra.
- Detergente líquido o en polvo.
- Alcohol líquido o en gel.
- Garrafa de agua potable.
- Repelente de mosquitos.
- Protector solar.
- Ropa limpia (preferible de manga larga).
- Una funda para recoger la basura después del aseo.

### 3.5 SITUACIÓN ACTUAL DEL TRAMO DE RIO MACHÁNGARA EN EL PARQUE LINEAL LAS CUADRAS

En varias observaciones de campo, el caudal que ingresó al parque lineal Las Cuadras presentó características organolépticas desagradables, en especial una gran cantidad de espumas que se reducían aparentemente al concluir el trayecto del caudal en el parque, mejorando su estado y respaldando la hipótesis de una posible autodepuración en este tramo.

Para confirmar esta referencia, se realizó un análisis fisicoquímico en laboratorio para los puntos entrada vs salida. Los parámetros fisicoquímicos analizados en laboratorio fueron escogidos después de una observación general al tramo de río Machángara como a los exteriores del parque lineal Las Cuadras, en busca de cualquier industria de mediana o gran escala, sin encontrarlas. En toda el área circundante al parque se encontró numerosos conjuntos habitacionales, lo que permitió estimar el agua entrante como un agua residual tipo doméstica.

Al ser un agua residual doméstica, los parámetros fisicoquímicos a analizar fueron escogidos de acuerdo a su representatividad para este tipo de agua, por ejemplo se apreció un gran volumen de espumas al ingresar, durante su trayecto sinuoso tienden a reducirse hasta salir sin aparente presencia, lo que permitió elegir el parámetro **Tensoactivos** (detergentes). De igual forma, el color cambió de un marrón fuerte al ingresar por un color claro al salir, debido a los sólidos suspendidos y disueltos, dándole al agua un color aparente y un color verdadero, cubriendo estos con los parámetros **Turbiedad y Sólidos Sedimentables**.

El oxígeno disuelto, “se agota por el consumo de bacterias aerobias al degradar las materia orgánica” (Cárdenas & Cárdenas, 2009. pág. 11), con esta referencia se optó por medir el parámetro “**DBO<sub>5</sub>** y complementar este parámetro con la medición de la **DQO**” (Orozco, 2005. pág. 25).

Estos cinco parámetros fisicoquímicos, (tensoactivos, turbiedad, DBO<sub>5</sub>, DQO y sólidos sedimentables), mostraron una ligera idea de la calidad o el estado del

agua con relación a su autodepuración, además, el costo del muestreo así como su análisis fueron costeados por el muestreador, limitando su número.

### **3.6 SELECCIÓN DE LOS PUNTOS PARA EL MONITOREO**

Para la selección de los puntos idóneos de monitoreo, estos fueron escogidos de acuerdo a la accesibilidad al sitio, seguridad del muestreador y su representatividad en el tramo de río Machángara que atraviesa lateralmente el parque lineal Las Cuadras.

Una vez seleccionados los puntos de monitoreo, se recolectó de ellos una muestra de agua para el análisis en laboratorio de los parámetros tensoactivos, turbiedad, DBO<sub>5</sub>, DQO y sólidos sedimentables, con el fin de establecer la capacidad de autodepuración existente o no del tramo de río Machángara en el parque lineal Las Cuadras.

A continuación, **literales 3.6.1, 3.6.2, 3.6.3** describen a detalle cada punto de monitoreo.

#### **3.6.1 PRIMER PUNTO DE MONITOREO P<sub>1</sub>, INGRESO DEL TRAMO DEL RÍO MACHÁNGARA AL PARQUE**

Durante el reconocimiento de campo al tramo de río Machángara, se escogió el primer punto de monitoreo, al remanso que se formó después de la primera estructura (ubicada al Sur del parque), remanso denominado como P<sub>1</sub> para facilitar su identificación.

Esta estructura de hormigón ubicada cerca del punto P<sub>1</sub> tuvo una forma rectangular de 6 metros de ancho por 2,4 metros de alto construida por diferencia de nivel para evitar que el caudal entrante vuelva a reingresar, lo que creó una caída de agua, la estancó momentáneamente y formó el remanso o punto de monitoreo P<sub>1</sub>.



En un inicio el aforo de caudal y recolección de muestra de agua se realizó en  $P_1$ , pero al no poseer un terreno firme, se optó realizar solo el aforo en la estructura de ingreso, denominándola  $Q_{IN}$  para facilitar su identificación.

Por otra parte, se conservó la ubicación del punto  $P_1$ , pero solo para realizar la recolección de muestra de agua o medición fisicoquímica in situ, ya que realizarlo directamente en la estructura coloca en riesgo al muestreador, cambiando únicamente su letra de  $P_1$  por  $Q_1$ .

Para recordar a estos puntos de monitoreo se indica a continuación su denominación y ubicación en la figura 3.5.

**FIGURA 3.5:** ESTRUCTURA SUR DENOMINADO  $Q_{IN}$  QUE PERMITE EL INGRESO DEL CAUDAL AL PARQUE Y EL PUNTO DE MONITOREO  $P_1$ .



Fuente: fotografía capturada el 14/10/2014.

Elaborado por: Pablo Pazmiño.

- $Q_{IN}$ : Es la estructura Sur que permite el ingreso del caudal al parque.
- $Q_1$ : Es el Caudal en el primer remanso formado después de la estructura  $Q_{IN}$ , denominado anteriormente como ( $P_1$ ).

### 3.6.1.1 Actividades para realizar el aforo de caudal en la estructura $Q_{IN}$

Las actividades realizadas en la primera estructura sur  $Q_{IN}$  para obtener los datos de aforo se describen a continuación:

1. Se utilizó un objeto con peso, por ejemplo una piedra y se midió la altura de este objeto.
2. Con la ayuda de una cuerda de 7 metros, se toma la piedra y se amarró a la cuerda para medir la altura, desde la parte superior de la estructura  $Q_{IN}$  hasta la superficie o espejo de agua del flujo entrante.
3. Se observó que la piedra se haya estabilizado en la superficie o espejo de agua para sumergirla hasta tocar la base de la estructura  $Q_{IN}$  para obtenerla altura total.
4. De la altura total medida se resta la altura superficial del agua para obtener la profundidad.
5. Se escogió un flotador de peso determinado, una pelota de plástico, flotador que fue amarrado a otra cuerda de 7 metros de largo lanzada desde la parte superior de la estructura  $Q_{IN}$ , justamente en el mismo sitio donde se midió la altura, para dejar caer este flotador recuperable en la superficie o espejo del agua, hasta que se estabilice lo más factible.
6. Con el flotador estabilizado se dejó fluir hasta que llegue al final de la estructura  $Q_{IN}$ , para determinar el tiempo de recorrido, como mínimo se realizó 3 mediciones de tiempo, para evitar un margen de error y obtener una media aritmética de tiempo.
7. Para terminar, con la ayuda de unas cuerdas y cabos, se descendió hasta ubicarse cerca del margen de la estructura  $Q_{IN}$  y en un sitio seguro para el muestreador se midió el ancho de esta estructura.

### 3.6.1.2 Recolección de muestra de agua en el punto $Q_1$

Para la recolección de muestras de agua fueron utilizadas botellas de plástico de 500 ml o 6000 ml de capacidad, “el volumen a recolectar dependió del tipo de análisis a realizar”. (Jurado, 1998. pág. 27).

“La muestra recolectada in situ fue una muestra simple, recogiéndola de un sitio con flujo de agua tipo laminar, a una profundidad media y sin arrastrar sedimentos.” (Jurado, 1998. Págs. 21-23), caso contrario, si la recolección de la muestra no era posible realizarla en el lugar, se utilizó un balde de 4 litros de capacidad atado a una soga bajo los siguientes procesos:

1. Al momento de realizar la recolección de la muestra, “el recipiente de muestreo y el envase recolector fueron homogenizados de dos a tres veces con el agua del sitio.”(Jurado, 1998.pág.19).
2. “Del volumen total a recolectar en el recipiente de muestreo, se dejó un espacio del 1% sin llenar con el objetivo de permitir la expansión térmica durante la transportación de la muestra.”(Jurado, 1998.pág.19).
3. No se utilizó ningún preservante químico, al contrario “su única preservación fue realizada con hielo simple hasta poder alcanzar una temperatura de 4°C.”(Jurado, 1998. pág.45).
4. La muestra fue “sellada (si esta así lo requiriese) y etiquetada in situ con las siglas del punto, la fecha y hora de recolección.”(Jurado, 1998. pág. 32).
5. Se almacenó a cada muestra dentro de una funda negra estéril, sea esta grande o mediana según el volumen recolectado.
6. Se añadió en cada funda negra estéril “hielo simple, colocándolo alrededor de la muestra hasta alcanzar la temperatura de 4°C.”(Jurado, 1998. pág.45).
7. La muestra de agua fue almacenada y transportada en un bolso para evitar el contacto directo de la muestra con el suelo o una posible ruptura de la funda.
8. Concluida la recolección de todas las muestras de aguas se añadió hielo sintético al bolso transportador para evitar el pronto descongelamiento del hielo simple durante su traslado hacia las instalaciones del laboratorio (CICAM-EPN).

### 3.6.1.3 Toma de datos fisicoquímicos in situ del punto Q1

La toma de datos fisicoquímicos in situ fue realizada con un equipo de campo bajo las siguientes actividades:

1. **IN SITU**, se midieron los parámetros pH, temperatura, conductividad y TDS.

Si la toma de datos no era posible realizarla en el lugar, se utilizó un balde de 4 litros de capacidad atado a una soga, este era lanzado a “un sitio que presentó un flujo tipo laminal a una profundidad media, homogenizándolo unas dos a tres veces con el agua del sitio antes de su medición y sin acarrear sedimentos.”(Jurado, 1998. Págs. 21-23).

El motivo de utilizar un balde y no realizar la medición directa fue por seguridad del muestreador, ya que en las riberas del tramo no se encontró un tipo de suelo firme.

2. Una vez recolectada la muestra, se buscó un lugar sombreado y directamente se sumergió la punta del equipo de campo en el balde, hasta que las medidas se estabilicen en el equipo para anotarlas, un segundo muestreador midió la temperatura, primero la medición de la temperatura ambiente y después la temperatura del agua.
3. “Para medir la temperatura ambiente, se ubicó en un lugar sombreado con el termómetro en posición horizontal, sin tomarlo de los extremos y se espera alrededor de unos 2 minutos aproximadamente, hasta que el mercurio se estabilice para anotar su medida.”(Jurado, 1998 pág. 21)
4. “Para medir la temperatura del agua, está se la realizó directamente sumergiendo la punta del termómetro en el balde.”(Jurado, 1998 pág. 21)
5. Por último, se limpió la punta del equipo de campo, esta sólo debió “limpiarse con agua destilada, mientras que la limpieza del termómetro se la pudo realizar con agua potable o destilada.”(Jurado, 1998 pág. 21).

### 3.6.2 SEGUNDO PUNTO DE MONITOREO P<sub>2</sub>, SALIDA DEL TRAMO DE RÍO MACHÁNGARA DEL PARQUE

El recorrido del tramo de río Machángara en el parque lineal Las Cuadras concluye en una segunda estructura de hormigón ubicada en la salida Norte del parque, estructura que presenta una forma de bocatoma con un inicio en forma de túnel.

Situado aproximadamente a unos dos metros antes de esta estructura se encuentra el punto de monitoreo denominado P<sub>2</sub> (para facilitar su identificación), punto ubicado a unos 5 metros abajo del nivel superficial del parque, este punto requirió de unas cuerdas de seguridad para acceder, ya que la corriente en el sitio es un poco fuerte, debido a que la trayectoria del tramo en el parque no la realiza con la misma pendiente.

P<sub>2</sub> presentó una profundidad baja de aproximadamente 30 cm con un terreno casi uniforme, formando con la vegetación circundante de sus extremos un canal, esto facilitó el traslado de un extremo a otro sin mayor percance, pero por seguridad se realizó el aforo con unos palos de madera numerados, que sirvieron de apoyo para el muestreador y la medición.

La recolección de muestra de agua y el aforo se realizaron en el punto P<sub>2</sub>, pero al utilizarse en el punto anterior P<sub>1</sub> o Q<sub>1</sub> su estructura para aforar el caudal, se optó por realizar el mismo cambio, aforando solo el caudal en esta segunda estructura, denominándola Q<sub>OUT</sub>, y se conservar la ubicación del punto P<sub>2</sub> sólo para realizar recolecciones de muestras o mediciones fisicoquímicas in situ, ya que realizarlas directamente en la estructura Q<sub>OUT</sub> pone en riesgo al muestreador, cambiando únicamente la letra y su número P<sub>2</sub> a Q<sub>4</sub>, por el incremento de dos puntos auxiliares (al ser el punto de muestreo final toma el número 4.) que se detallan en el literal **3.6.3 Puntos Auxiliares**.

Para recordar a estos puntos de monitoreo se indican a continuación su denominación y ubicación en la figura 3.6.

- Q<sub>OUT</sub>: Estructura Norte que permite la salida del caudal del parque.
- Q<sub>4</sub>: Caudal saliente del parque, punto ubicado 2 metros antes de la estructura norte Q<sub>OUT</sub>, denominado anteriormente como (P<sub>2</sub>).

**FIGURA 3.6:** ESTRUCTURA NORTE  $Q_{OUT}$  QUE PERMITE LA SALIDA DEL CAUDAL DEL PARQUE LINEAL LAS CUADRAS Y EL PUNTO DE MUESTREO  $P_2$ .



Fuente: fotografía capturada el 14/10/2014.

Elaborado por: Pablo Pazmiño.

### 3.5.2.1 Actividades realizadas para el aforo de caudal en la estructura $Q_{OUT}$

Las actividades realizadas para obtener los datos de aforo en la estructura  $Q_{OUT}$  fueron las subsiguientes:

1. Bajar con la ayuda de unas cuerdas de seguridad al punto de salida  $Q_4$  hasta ubicarnos al filo de la estructura  $Q_{OUT}$ .
2. Con la ayuda de una piola numerada en metros, se amarró una pelota de plástico, convirtiéndose en un flotador-guía para soltarlo hasta que este con la piola se tiempen por la velocidad de la corriente, para obtener la longitud.
3. Con un segundo flotador atado a una piola, se soltó desde el filo de la estructura  $Q_{OUT}$  hasta la longitud medida anterior, para obtener el tiempo de recorrido. Se ejecutó por lo menos tres mediciones de este tipo para asegurar su valor y poder obtener una media aritmética de tiempo.
4. Para determinar el ancho de la estructura  $Q_{OUT}$  fue necesario apegarse lo más posible al filo de la misma y con un metro se midió de un extremo al otro la estructura  $Q_{OUT}$ .



5. Para concluir, se midió la profundidad del flujo de agua entrante a la estructura  $Q_{OUT}$  con la ayuda de unos palos de madera numerados hundiéndolos hasta topa la base de la estructura  $Q_{OUT}$  de un extremo a otro tratando de cubrir todo su ancho. Las mediciones de profundidad se encontraron separadas una distancia prudente la una de la otra con el fin de obtener el mayor número de datos.

**Nota:** Por ser una estructura de hormigón, presenta una base regular, lo que facilita la medición de su profundidad, bastando con medir al inicio de la estructura  $Q_{OUT}$  para evitar el riesgo al tratar de ingresar.

**FIGURA 3.7:** AFORO DE CAUDAL EN LA ESTRUCTURA DE SALIDA NORTE  $Q_{OUT}$ .



Fuente: fotografía capturada el 14/10/2014.

Elaborado por: Pablo Pazmiño.

Por otra parte, tanto para las actividades de recolección de muestra de agua como la medición de datos fisicoquímicos in situ, fueron realizadas de igual modo que el **punto de monitoreo Q1** descritas a detalle en los literales **3.6.1.2 Recolección de muestras** y **3.6.1.3 Toma de datos fisicoquímicos In Situ**.

### 3.6.3 PUNTOS AUXILIARES

Los puntos de monitoreo Entrada y Salida fueron utilizados como puntos de partida para verificar la hipótesis sobre una posible autodepuración, en un tramo de río Machángara que atraviesa lateralmente el parque lineal Las Cuadras.

En varias observaciones de campo, el caudal que ingresaba al parque presentaba características organolépticas desagradables, en especial una gran cantidad de espumas (detergentes) que se reducían aparentemente a su totalidad al concluir el trayecto en el punto de salida, respaldando la hipótesis propuesta en este proyecto de titulación.

Para confirmar esta hipótesis, se realizó un análisis fisicoquímico (parámetros tensoactivos, turbiedad; DBO<sub>5</sub>, DQO y sólidos sedimentables) en laboratorio para los puntos entrada y salida, los resultados obtenidos de este análisis mostraron una elevación abrupta al salir el caudal en comparación al que ingresa.

En busca de la causa a este incremento de resultados (efectuados en octubre de 2013) se realizó varias vistas de campo al tramo, encontrando, aproximadamente en medio de los puntos entrada y salida, una tercera estructura de hormigón de forma cuadrangular, sin descarga aparente, presumiéndola como un vertedero de excesos pluviales, estructura que se encontraba a unos 15 metros desde la parte superior del parque Las Cuadras hacia el cauce del río Machángara, esta nueva estructura fue denominada con la letra E ( **E** simboliza esporádica o excesos pluviales) para facilitar su identificación, como lo muestra la figura 3.8 a continuación.



**FIGURA 3.8:** CAUCE DEL TRAMO DE RÍO MACHÁNGARA QUE ATRAVIESA EL PARQUE LINEAL LAS CUADRAS.



Fuente: Imagen capturada de Google\_Earth el 28/10/2013.

Elaborado por: Pablo Pazmiño,

*Deliñado de color azul se encuentra el perfil del tramo de río Machángara que atraviesa el parque lineal Las Cuadras, de color amarillo se encuentra **P1** que indica el punto de entrada y **P2** el punto de salida, aproximadamente en medio de estos dos puntos se ubica la tercera estructura denominada **E** deliñado de color rojo.*

A mediados de 2014, esta tercera estructura de hormigón denominada E se convirtió en una descarga puntual. Por su altura, creó una caída en forma de cascada con un agua grisácea opaca, la cual contrarresta notoriamente el color marrón del cauce, tramo del río Machángara. Descarga que al caer, se mezcló y desapareció aguas abajo de este cauce, inicialmente se la denominó con la letra E, ahora fue denominada como **Q<sub>E</sub>** (Q por caudal y se conservó su letra) para facilitar su posterior identificación, descarga que posiblemente agravó los resultados obtenidos en un inicio.

El análisis o monitoreo directo en esta estructura resultó muy dificultoso y especialmente riesgoso para el muestreador, lo que hizo reemplazarla por 2 puntos auxiliares de monitoreo denominados **Q<sub>2</sub>**, usando la letra mayúscula **Q** que simboliza caudal y al continuar después del punto inicial Q1 toma el número **2** y **Q<sub>3</sub>**, **Q** que simboliza caudal y al continuar después de este segundo punto toma el número **3**, puntos que se hallaban ubicados abajo de la estructura **Q<sub>E</sub>** en el

recorrido del tramo,  $Q_2$  ubicado a unos 8 metros antes de llegar a la caída de la descarga  $Q_E$  y  $Q_3$  ubicado a unos 4 metros después de la caída de esta descarga y que sirvieron para valorar la afectación de la descarga  $Q_E$  en el tramo de río Machángara, parque lineal Las Cuadras, como se indican en la figura 3.9.

**FIGURA 3.9: TERCERA ESTRUCTURA  $Q_E$ , DESCARGA PUNTUAL AL CAUCE Y LOS PUNTOS DE MONITOREO  $Q_2$  Y  $Q_3$ .**



Fuente: fotografía capturada el 14/10/2014.

Elaborado por: Pablo Pazmiño.

El aforo de caudal para el punto  $Q_2$  y  $Q_3$ , se realizaron de igual forma, ubicándose en un sitio seguro y accesible para el muestreador.

El caudal que recorrió a estos puntos de monitoreo lo realizó dentro de un terreno rodeado de vegetación, formando de un canal, lo que posibilitó la aplicación de la fórmula  $Q=A \times V$ , donde:

$Q$ = Caudal,  $A$ = área del canal x la profundidad &  $V$ = distancia / tiempo.

Las actividades realizadas para obtener los datos de aforo de caudal el punto  $Q_2$  &  $Q_3$  fueron:

1. Se observó el terreno y la posibilidad de ingreso al punto de monitoreo.

2. Para determinar el área de aforo, se midió el largo y ancho de una sección de agua, con la ayuda de un metro y piolas, encerrando una sección del agua en un canal.
3. Con dos regletas de madera numeradas, una utilizada como apoyo y la otra como medida, se ubicó en el inicio del canal medido anteriormente y desde la orilla con dirección al extremo del canal se hundió la regleta hasta topar el fondo en el canal para obtener la profundidad, medidas separada una distancia prudente de la anterior hasta poder cubrir toda la profundidad del canal a lo ancho.  
Se realizó esta actividad hasta cubrir tanto el ancho como el largo del canal determinado para cada punto, sea  $Q_2$  o  $Q_3$ .
4. Finalmente, para medir el tiempo, se utilizó el método del flotador, con la ayuda de una pelota de plástico de tamaño mediano permitió medir el tiempo que demora en recorrer este flotador el canal determinado para cada punto y para evitar un margen de error se realizó al menos 3 mediciones de tiempo.

**FIGURA 3.10.** AFORO DE CAUDAL EN EL PUNTO DE MONITOREO  $Q_2$ .



Fuente: fotografía capturada el 14/10/2014.

Elaborado por: Pablo Pazmiño.

Mientras, la recolección de muestras o la toma de datos fisicoquímicos in situ para los puntos de monitoreo  $Q_2$ - $Q_3$ , fueron realizados de igual forma que en el punto  $Q_1$  descritas a detalle en los numerales **3.6.1.2 Recolección de muestras** y **3.6.1.3 Toma de datos fisicoquímicos In Situ.**

### 3.7 PLANIFICACIÓN DEL MUESTREO Y TOMA DE DATOS

La planificación del muestreo y la toma de datos en el parque lineal Las Cuadras se realizó mediante un plan de muestreo, una recolección de datos in situ, un informe con todas las actividades realizadas en campo y un análisis de agua en laboratorio, solo si éste era posible, información que era realizada para cada punto de monitoreo en cada trabajo de campo, obtenido un total de 11 monitoreos ejecutados desde el 28 de octubre de 2013 hasta el 19 de diciembre de 2014, resumiendo las actividades efectuadas durante este período en la **Tabla 3.1**.

**TABLA 3.1:** TABLA DE VISITAS Y OBSERVACIONES GENERALES.

#	FECHA	ESTACIÓN DEL AÑO	PUNTOS DE MUESTREO	ACTIVIDADES REALIZADAS	EQUIPO DE MUESTREO UTILIZADO	PARÁMETROS ANALIZADOS EN LABORATORIO	OBSERVACIONES GENERALES
1	28/10/13	VERANO	P1-P2	Observación organoléptica, recolección de muestras y transporte al laboratorio.	Garrafas de recolección, equipo de seguridad, material de muestreo y aseo. Transporte de muestras al laboratorio	<b>TENSOACTIVOS, DBO5, DQO SÓLIDOS SEDIMENTABLES Y TURBIEDAD ANALIZADOS EN LABORATORIO CICAM-EPN</b>	Se realizó el monitoreo y recolección de muestras entre la Entrada vs Salida y la descarga E no existe, (Difusa).
2	21/06/14	INVIERNO	P1-P2	Medición de caudal y de temperatura con observación organoléptica y de flora y fauna	Equipo de seguridad de material de muestreo y aseo Termómetro-(in situ)	<b>N/A</b>	Se realizó el monitoreo entre la Entrada vs Salida y la descarga E no existe, (Difusa).

3	23/08/14	VERANO	Q1-Q2 Q3-Q4	Accesibilidad a los puntos de monitoreo y observación organoléptica	Equipo de seguridad material de muestreo y aseo	N/A	La descarga E cambia de ser difusa a puntual, se aumentan los puntos de muestreo y se cambia la nomenclatura de ubicación por P <sub>1</sub> es Q <sub>1</sub> , descarga E por Q <sub>E</sub> y su afectación se miden en los puntos Q <sub>2</sub> – Q <sub>3</sub> y P <sub>2</sub> es Q <sub>4</sub>
4	13/09/14	VERANO	Q IN – Q1- Q2 - Q3 - Q OUT	Medición de caudal puntos QIN-Q2-Q3-Q OUT,	Equipo de seguridad, material de muestreo y aseo	N/A	Se optó por utilizar las estructuras de entrada denominada Q <sub>IN</sub> y de salida Q <sub>OUT</sub> para obtener un caudal más real por irregularidades de terreno.
5	04/10/14	VERANO	QIN QOUT	Medición de caudal, utilizando las estructuras entrada (QIN y salida QOUT)	Equipo de seguridad material de muestreo y de aseo	N/A	Se volvió a medir el caudal en las estructuras Q <sub>IN</sub> y Q <sub>OUT</sub> para verificar datos y definirlos definitivamente como puntos solo de aforo



6	17/11/14	VERANO	Q IN Q1 -- Q2 Q3 -- Q4 Q OUT	Se realizó el aforo en los puntos QIN, Q2, Q3, QOUT y se recolecta muestras de agua en los puntos Q1, Q2, Q3, Q4.	Garrafas de recolección, equipo de seguridad, material de muestreo y de aseo. Trasporte de muestras al laboratorio	<b>TENSOACTIVOS, DBO5, DQO SÓLIDOS SEDIMENTABLES Y TURBIEDAD ANALIZADOS EN LABORATORIO CICAM-EPN</b>	Se realizó una segunda recolección de agua para un segundo análisis fisicoquímico para realizar una intercomparación con los resultados anteriores y se añade datos in situ, equipo portátil para pH, TDS, T°C y Conductividad
7	21/11/14	VERANO	Q IN, Q OUT, Q2, Q3	AFORO DE CAUDAL	Equipo de seguridad, material de muestreo y de aseo, Trasporte de muestras al laboratorio	COBALTO Y NÍQUEL ANALIZADOS EN LABORATORIO CICAM-EPN	Se realizó el aforo en los puntos Q <sub>IN</sub> , Q <sub>2</sub> , Q <sub>3</sub> , Q <sub>OUT</sub> . Se recolecta muestras de agua y análisis en laboratorio de los puntos Q <sub>1</sub> , Q <sub>2</sub> , Q <sub>3</sub> , Q <sub>4</sub> . Además se toma datos in situ de los parámetros pH, TDS, T°C y Conductividad
			Q1 - Q2 Q3 - Q4	Recolección de muestras y datos in situ, equipo portátil pH, TDS, T°C y Conductividad			
8	25/11/14	VERANO	Q IN, Q OUT, Q2, Q3	AFORO DE CAUDAL	Equipo de seguridad, material de muestreo y de aseo, Trasporte de muestras al laboratorio	<b>N/A</b>	Se realizó el aforo en los puntos Q <sub>IN</sub> , Q <sub>2</sub> , Q <sub>3</sub> , Q <sub>OUT</sub> . Se recolecta muestras de agua en los puntos Q <sub>1</sub> , Q <sub>2</sub> , Q <sub>3</sub> , Q <sub>4</sub> y se toma datos in situ de los parámetros pH, TDS, T°C y Conductividad
			Q1 - Q2 Q3 - Q4	Recolección de muestras y datos in situ, equipo portátil pH, TDS, T°C y Conductividad			

9	28/11/14	VERANO	QIN, QOUT, Q2, Q3	AFORO DE CAUDAL	Equipo de seguridad, material de muestreo y de aseo, Trasporte de muestras al laboratorio	AMONIO Y AMONIACO ANALIZADOS EN LABORATORIO CICAM-EPN	Se realizó el aforo en los puntos Q <sub>IN</sub> , Q <sub>2</sub> , Q <sub>3</sub> , Q <sub>OUT</sub> . Se recolecta muestras de agua y análisis en laboratorio puntos Q <sub>1</sub> , Q <sub>2</sub> , Q <sub>3</sub> , Q <sub>4</sub> . Se toma datos in situ de los parámetros pH, TDS, T°C y Conductividad
			Q1 - Q2 Q3 - Q4	Recolección de muestras y datos in situ, equipo portátil -pH, TDS, T°C y Conductividad			
10	08/12/14	VERANO	QIN, QOUT, Q2, Q3	AFORO DE CAUDAL	Equipo de seguridad, material de muestreo y de aseo, Trasporte de muestras al laboratorio	DETERGENTES ANALIZADOS EN LABORATORIO CICAM-EPN	Se realizó el aforo en los puntos Q <sub>IN</sub> , Q <sub>2</sub> , Q <sub>3</sub> , Q <sub>OUT</sub> . Se recolecta muestras de agua y análisis en laboratorio de los puntos Q <sub>1</sub> , Q <sub>2</sub> , Q <sub>3</sub> , Q <sub>4</sub> . Se toma datos in situ de los parámetros pH, TDS, T°C y Conductividad
			Q1 - Q2 Q3 - Q4	Recolección de muestras y datos in situ, equipo portátil -pH, TDS, T°C y Conductividad			
11	19/12/14	VERANO	QIN, QOUT, Q2, Q3	AFORO DE CAUDAL	Equipo de seguridad, material de muestreo y de aseo,	<b>N/A</b>	Se realizó el aforo en los puntos Q <sub>IN</sub> , Q <sub>2</sub> , Q <sub>3</sub> , Q <sub>OUT</sub> . Se recolecta muestras de agua en los puntos Q <sub>1</sub> , Q <sub>2</sub> , Q <sub>3</sub> , Q <sub>4</sub> y se toma datos in situ de los parámetros pH, TDS, T°C y Conductividad
			Q1 - Q2 Q3 - Q4	Toma de datos in situ con ayuda de equipo portátil para los parámetros pH, TDS, T°C y Conductividad			

Fuente: Tabla elaborada por Pablo Pazmiño el 21/03/2015.

### 3.8 CALENDARIO DE ACTIVIDADES

Las actividades efectuadas durante todo el desarrollo de este proyecto de titulación se resumen en la **Tabla 3.2**.

**TABLA 3.2:** CALENDARIO DE ACTIVIDADES PARA EL MONITOREO DEL TRAMO, AFORO, RECOLECCIÓN DE MUESTRAS Y DEMÁS.

ACTIVIDADES	DÍAS	MES	LUGAR
ASISTENCIA AL SEMINARIO DE CONTAMINACIÓN HÍDRICA	27,28,29,30 JUNIO DE 2013	JUN.	ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO (ESPE)
ASESORÍA EN MUESTREO DE AGUAS RESIDUALES	9,10,11 JULIO DE 2013	JUL.	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL-ESFOT
PRÁCTICA DE MUESTREO PARA AGUAS RESIDUALES	19,20 JULIO DE 2013	JUL.	RÍO MACHÁNGARA EN EL TRAMO QUE ATRAVIESA EL PARQUE LINEAL EL RECREO
ELECCIÓN DEL PROYECTO DE TITULACIÓN	TERCERA Y CUARTA SEMANA DE AGOSTO	AGOS.	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL-ASA
VISITA TÉCNICA AL PARQUE LINEAL LAS CUADRAS	1,2,3 DE SEPTIEMBRE 2013	SEPT.	PARQUE LINEAL LAS CUADRAS
ASESORÍA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN	10 Y 11 DE SEPTIEMBRE 2013	SEPT.	CONSULTORÍA (C&T DE LOS ANDES)
BÚSQUEDA DE LABORATORIO PARA ANÁLISIS DE AGUA	16,17,18 DE SEPTIEMBRE 2013	SEPT.	DISTRITO AUTÓNOMO DE RUMIÑAHUI-SANGOLQUÍ
VISITA AL LABORATORIO CICAM	24,25 DE SEPT. 2013	SEPT.	CICAM-ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
REALIZACIÓN DE COTIZACIÓN	8,9,10 Y 11 DE OCTUBRE DE 2013	OCT.	DOMICILIO DEL INVOLUCRADO EN EL PROYECTO



PLAN DE MUESTREO	24,25 DE OCTUBRE 2013	OCT.	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL-ASOCIACIÓN ASA
TOMA DE MUESTRAS PARA ANÁLISIS DE AGUA PARQUE LINEAL LAS CUADRAS	28 DE OCTUBRE 2013	OCT.	CICAM-ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
INGRESO DE MUESTRAS PARA ANÁLISIS DE AGUA-PARQUE LAS CUADRAS	28 DE OCTUBRE 2013	OCT.	CICAM-ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
ESPERA DE RESULTADO DEL MUESTREO DE LA TOMA DE MUESTRAS	PRIMERA SEMANA DE NOVIEMBRE	NOV.	CICAM-ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
ENTREGA DE RESULTADO DE LABORATORIO	8 DE NOVIEMBRE 2013	NOV.	CICAM-ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
REALIZACIÓN DEL PLAN DE TITULACIÓN	2DA Y 3ERA SEMANA DE NOVIEMBRE 2013	NOV.	DOMICILIO DEL INVOLUCRADO EN EL PROYECTO
CAMBIO DE DIRECTOR DEL PROYECTO	DIC 2013-ENE 2014	ENE.	ESCUELA POLITECNICA NACIONAL-ESFOT
OBSERVACIÓN DEL TRAMO POR INCREMENTO DE VALORES FISICOQUÍMICOS	FEB-MAR-ABRIL 2014	ABRIL.	PARQUE LINEAL LAS CUADRAS
OBSERVACIÓN DEL PUNTO QE POR DESCARGAS FLUCTUANTES	MAYO 2014	MAY.	PARQUE LINEAL LAS CUADRAS-
OBSERVACIÓN Y AFORO DE CAUDAL EN 2 PUNTOS (P1-P2)	21 DE JUNIO 2014	JUN.	PARQUE LINEAL LAS CUADRAS
OBSERVACIÓN, AMPLIACIÓN DE 2 A 4 PUNTOS Y AFORO DE CAUDAL-PUNTO QE PASA A SER PUNTUAL	23 DE AGOSTO 2014	AGOS.	PARQUE LINEAL LAS CUADRAS
OBSERVACIÓN Y AFORO DE CAUDAL/EN ADELANTE LOS 4 PUNTOS DE MONITOREO (Q1/Q2/Q3/Q4)	13 DE SEP 2014	SEP.	PARQUE LINEAL LAS CUADRAS

OBSERVACIÓN Y AFORO DE CAUDAL EN LAS ESTRUCTURAS	04 DE OCTUBRE DE 2014	OCT.	PARQUE LINEAL LAS CUADRAS
AFORO DE CAUDAL 4 PUNTOS- DATOS IN SITU- RECOLECCIÓN DE MUESTRAS- INTERCOMPARACIÓN 2013-2014	17 DE NOVIEMBRE DE 2014	NOV.	PARQUE LINEAL LAS CUADRAS Y EN EL LABORATORIO CICAM
AFORO DE CAUDAL- DATOS IN SITU-RECOLECCIÓN DE MUESTRAS-LAB. CICAM PARÁMETROS CO-NI	21 DE NOVIEMBRE DE 2014	NOV.	PARQUE LINEAL LAS CUADRAS
AFORO DE CAUDAL- DATOS IN SITU-OBSERVACIÓN DEL TRAMO	25 DE NOV 2014	NOV.	PARQUE LINEAL LAS CUADRAS
AFORO DE CAUDAL- DATOS IN SITU-RECOLECCIÓN DE MUESTRAS-LAB CICAM PARÁMETROS AMONIO- AMONÍACO	28 DE NOV 2014	NOV.	PARQUE LINEAL LAS CUADRAS Y EN EL LABORATORIO CICAM
AFORO DE CAUDAL- DATOS IN SITU-RECOLECCIÓN DE MUESTRAS-LAB CICAM PARÁMETRO DETERGENTES	08 DE DIC 2014	DIC.	PARQUE LINEAL LAS CUADRAS Y EN EL LABORATORIO CICAM
AFORO DE CAUDAL- DATOS IN SITU-OBSERVACIÓN DEL TRAMO	19 DE DIC 2014	DIC.	PARQUE LINEAL LAS CUADRAS
CAMBIO DE DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN	ENE / FEB 2015	FEB.	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL-ESFOT
RECOPIACIÓN DE DATOS E INFORMACIÓN	MAR/ ABRIL /MAYO 2015	MAY.	DOMICILIO DEL INVOLUCRADO EN EL PROYECTO
INTERPRETACIÓN DE DATOS Y RESULTADOS	JUNIO 2015	JUN.	DOMICILIO DEL INVOLUCRADO EN EL PROYECTO

ARMAZÓN DE LOS CAPÍTULOS DEL PROYECTO	JUL /AGO/SEPT/ OCTUBRE/ NOV 2015	NOV.	DOMICILIO DEL INVOLUCRADO EN EL PROYECTO
CAMBIO DE DIRECTOR PARA EL PROYECTO Y PRESENTACIÓN DE BORRADORES	DIC 2015/ ENE- ABRIL 2016	ABRIL	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL-ESFOT

Fuente: Tabla elaborada por Pablo Pazmiño el 07/01/2016.

### 3.9 VALORES OBTENIDOS EN EL MONITOREO

Los valores obtenidos durante el monitoreo fueron divididos para brindar una mejor visualización e explicación del trabajo realizado en los siguientes puntos:

1. Aforo de caudales.
2. Datos obtenidos in situ.
3. Resultados de laboratorio.

#### 3.9.1 AFORO DE CAUDALES

Los resultados del aforo de caudal en el tramo del río Machángara que atraviesa lateralmente el parque lineal Las Cuadras, se resumen en la **Tabla 3.3**, la cual indica al inicio un aforo en dos puntos (P<sub>1</sub>) Entrada y Salida (P<sub>2</sub>) para posteriormente ampliarse a 4 puntos de aforo (Q<sub>1</sub>.Q<sub>2</sub>.Q<sub>3</sub> y Q<sub>4</sub>).

Siendo Q<sub>1</sub> y Q<sub>4</sub> la representación de la entrada vs salida y Q<sub>2</sub> y Q<sub>3</sub> los puntos de que permitieron aforar el caudal de la descarga puntual Q<sub>E</sub> por dificultades de acceso directo.

**TABLA 3.3:** TABLA RESUMEN DE CAUDAL OBTENIDOS DE LOS AFOROS.

N°	FECHA	ESTACIÓN DEL AÑO	AFORO DE CAUDAL m <sup>3</sup> /s	
			PUNTO DE AFORO P1	PUNTO DE AFORO P2
1	25/10/2013	VERANO	0,70 m <sup>3</sup> /s	0,58 m <sup>3</sup> /s

2	21/06/2014	INVIERNO	PUNTO DE AFORO P1		PUNTO DE AFORO P2	
			0,80 m3/s		0,64 m3/s	
3	23/08/2014	VERANO	PUNTO Q1	PUNTO Q2	PUNTO Q3	PUNTO Q4
			0,84 m3/s	0,26 m3/s	0,39 m3/s	0,65 m3/s
4	13/09/2014	VERANO	PUNTO QIN	0,95 m3/s	PUNTO Q3	0,37 m3/s
			PUNTO Q1	0,82 m3/s		
			PUNTO Q2	0,25 m3/s	PUNTO OUT	0,63 m3/s
5	04/10/2014	VERANO	PUNTO DE AFORO QIN		1 m3/s	
			PUNTO DE AFORO Q1		0,85 m3/s	
			PUNTO DE AFORO QOUT		0,65 m3/s	
6	17/11/2014	VERANO	PUNTO QIN	PUNTO Q2	PUNTO Q3	PUNTO QOUT
			1 m3/s	0,24 m3/s	0,4 m3/s	0,64 m3/s
7	21/11/2014	VERANO	PUNTO QIN	PUNTO Q2	PUNTO Q3	PUNTO QOUT
			0,98 m3/s	0,23 m3/s	0,39 m3/s	0,63 m3/s
8	25/11/2014	VERANO	PUNTO QIN	PUNTO Q2	PUNTO Q3	PUNTO QOUT
			1 m3/s	0,27 m3/s	0,38 m3/s	0,65 m3/s
9	28/11/2014	VERANO	PUNTO QIN	PUNTO Q2	PUNTO Q3	PUNTO QOUT
			1,1 m3/s	0,30 m3/s	0,43 m3/s	0,66 m3/s

10	08/12/2014	VERANO	PUNTO Q <sub>1N</sub>	PUNTO Q <sub>2</sub>	PUNTO Q <sub>3</sub>	PUNTO Q <sub>OUT</sub>
			1,2 m <sup>3</sup> /s	0,33 m <sup>3</sup> /s	0,48 m <sup>3</sup> /s	0,68 m <sup>3</sup> /s
11	19/12/2014	VERANO	PUNTO Q <sub>1N</sub>	PUNTO Q <sub>2</sub>	PUNTO Q <sub>3</sub>	PUNTO Q <sub>OUT</sub>
			1,5 m <sup>3</sup> /s	0,39 m <sup>3</sup> /s	0,53 m <sup>3</sup> /s	0,71 m <sup>3</sup> /s

Fuente: Tabla elaborada por Pablo Pazmiño el 11/04/2015.

### 3.9.2 DATOS OBTENIDOS IN SITU

Los parámetros generales medidos in situ fueron:

- pH
- Temperatura ambiental del sitio
- Temperatura del agua
- Conductividad
- TDS

Datos registrados desde el 17 de noviembre hasta el 19 de diciembre de los puntos de monitoreo Q<sub>1</sub>-Q<sub>2</sub>-Q<sub>3</sub> y Q<sub>4</sub>.

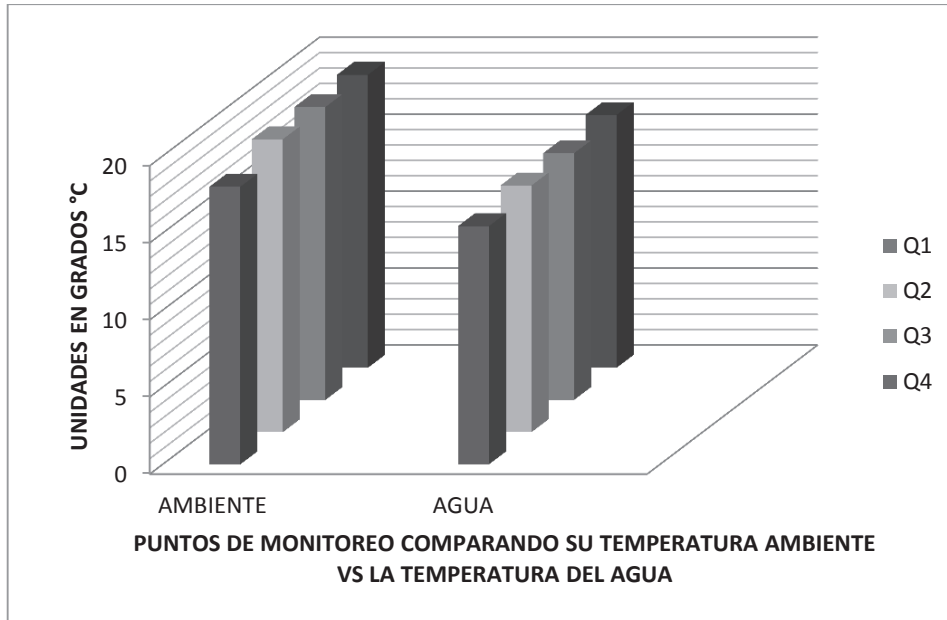
Los valores obtenidos in situ fueron separados según su parámetro y sitio de medición permitiendo unir los valores en un promedio aritmético, los valores resultantes se demuestran en la **Tabla 3.4** y un mejor enfoque del parámetro se representa en las **gráficas 3.1, 3.2, 3.3 y 3.4** a continuación.

TABLA 3.4: PROMEDIO DE PARÁMETROS GENERALES IN SITU.

PROMEDIO GENERAL DE PARÁMETROS IN SITU DEL PUNTO Q1 DESDE EL 17/11/2014 HASTA EL 19/12/2014						ESTACIÓN DEL AÑO
TEMPERATURA AMBIENTE	TEMPERATURA DEL AGUA	pH	CONDUCTIVIDAD	TDS	HORA	VERANO
18 °C	15,45 °C	7,3	0,68 mS	480 ppm	9:30-10:30 a.m.	
PROMEDIO GENERAL DE PARÁMETROS IN SITU DEL PUNTO Q2 DESDE EL 17/11/2014 HASTA EL 19/12/2014						ESTACIÓN DEL AÑO
TEMPERATURA AMBIENTE	TEMPERATURA DEL AGUA	pH	CONDUCTIVIDAD	TDS	11:00-11:45 a.m.	VERANO
19 °C	16 °C	7,35	0,67 mS	463 ppm		
PROMEDIO GENERAL DE PARÁMETROS IN SITU DEL PUNTO Q3 DESDE EL 17/11/2014 HASTA EL 19/12/2014						ESTACIÓN DEL AÑO
TEMPERATURA AMBIENTE	TEMPERATURA DEL AGUA	pH	CONDUCTIVIDAD	TDS	12:00-13:00 p.m.	VERANO
19 °C	16 °C	7,22	0,64 mS	463 ppm		
1 PROMEDIO GENERAL DE PARÁMETROS IN SITU DEL PUNTO Q4 DESDE EL 17/11/2014 HASTA EL 19/12/2014						ESTACIÓN DEL AÑO
TEMPERATURA AMBIENTE	TEMPERATURA DEL AGUA	pH	CONDUCTIVIDAD	TDS	HORA	VERANO
19 °C	16,4 °C	7,2	0,6 mS	434 ppm	13:00-14:00 p.m.	

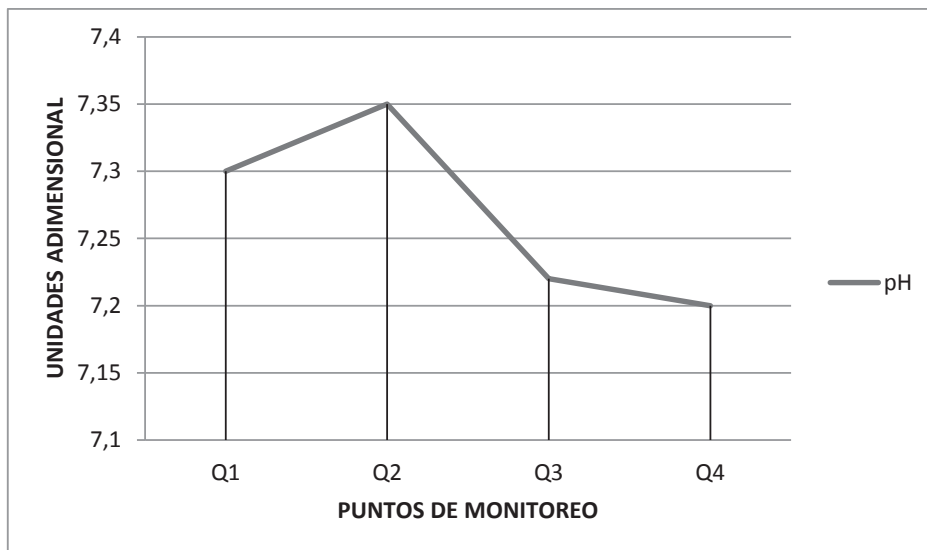
Fuente: Tabla elaborada por Pablo Pazmiño el 16/05/2015.

**GRÁFICA 3.1:** VALORES DE TEMPERATURA AMBIENTAL VS LA TEMPERATURA DEL AGUA MEDIDOS EN GRADOS CENTIGRADOS (°C).



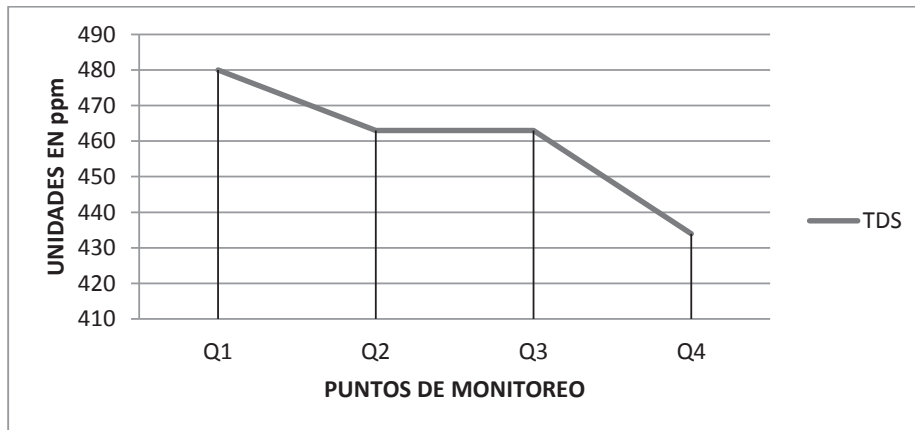
Fuente: Gráfica elaborada por Pablo Pazmiño el 16/05/2015.

**GRÁFICA 3.2:** VALORES DE pH (UNIDAD ADIMENCIONAL).



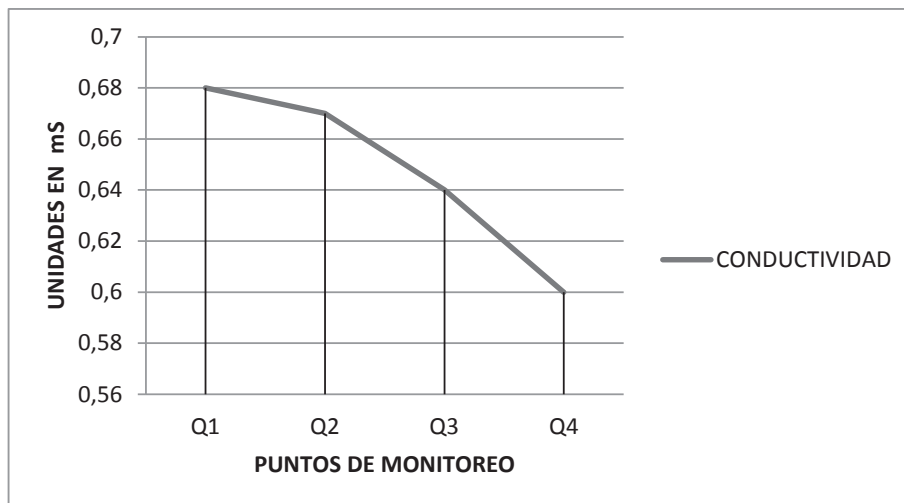
Fuente: Gráfica elaborada por Pablo Pazmiño el 16/05/2015.

**GRÁFICA 3.3:** VALORES DE LOS SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS en ppm.



Fuente: Gráfica elaborada por Pablo Pazmiño el 16/05/2015.

**GRÁFICA 3.4:** VALORES DE LA CONDUCTIVIDAD en mS.



Fuente: Gráfica elaborada por Pablo Pazmiño el 16/05/2015.

### 3.9.3 RESULTADOS DE LABORATORIO

Los resultados obtenidos en laboratorio se detallan a continuación:

- Para el 28 de octubre de 2013 se realizó una recolección de muestras de agua para un análisis comparativo entre los puntos  $P_1$  y  $P_2$  (Entrada vs Salida, recordando que son  $Q_1$  y  $Q_4$ ), en laboratorio de los parámetros fisicoquímicos DBO<sub>5</sub>, DQO, tensoactivos, sólidos sedimentables y turbiedad con los siguientes resultados descritos en la **Tabla 3.5** a continuación.



**TABLA 3.5:** TABULACIÓN DE LOS RESULTADOS FISICOQUÍMICOS OBTENIDOS EN EL LABORATORIO CICAM PARA LOS PUNTOS DE MONITOREO ENTRADA Q<sub>1</sub> vs SALIDA Q<sub>4</sub>.

PARÁMETROS	UNIDADES	ENTRADA (Q <sub>1</sub> )	SALIDA (Q <sub>4</sub> )
DBO <sub>5</sub>	mg/l	141,6	<b>174,7</b>
DQO	mg/l	241	<b>347</b>
TENSOACTIVOS	mg/l	<b>3,53</b>	<b>2,73</b>
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	ml/L*h	0,3	<b>0,8</b>
TURBIEDAD	NTU	75,7	<b>145</b>

Fuente: Resultados obtenidos en el laboratorio de la EPN-CICAM el 28/10/2013.  
Tabla elaborada por: Pablo Pazmiño.

Estos resultados iniciales, exponen una elevación abrupta a la salida Q<sub>4</sub> (**valores resaltados de color rojo**) en comparación a la entrada Q<sub>1</sub>.

- Se presume que la posible causa a esta elevación de resultados se la descarga Q<sub>E</sub>. Para confirmar o descartar la afectación de Q<sub>E</sub> se decidió realizar una segunda recolección de muestras para el análisis fisicoquímico de los mismos parámetros y con los puntos de monitoreo iniciales (Q<sub>1</sub> y Q<sub>4</sub>), en un tiempo aproximado de un año a partir del primer análisis, con el fin de poder comparar resultados bajo la influencia de la temporalidad.

Los resultados derivados de esta segunda recolección de muestras se exponen en la **Tabla 3.6**.

**TABLA 3.6:** TABULACIÓN DE LOS RESULTADOS FISICOQUÍMICOS OBTENIDOS EN EL LABORATORIO CICAM PARA LOS PUNTOS DE MONITOREO ENTRADA Q<sub>1</sub> VS SALIDA Q<sub>4</sub>.

PUNTOS PARA LA TOMA DE MUESTRAS	DBO5 EN mg/l	DQO EN mg/l	SÓLIDOS SEDIMENTABLES EN ml/L*h	TENSOACTIVOS EN mg/l	TURBIEDAD EN NTU
Q <sub>1</sub> (ENTRADA)	163,2	269	3	6,126	213
<b>Q<sub>4</sub>(SALIDA)</b>	<b>259,2</b>	<b>343</b>	<b>3,2</b>	<b>9,776</b>	<b>310</b>

Fuente: Resultados obtenidos en el laboratorio de la EPN-CICAM el 17/11/2014.  
Tabla elaborada por: Pablo Pazmiño.

Los valores resaltados de color rojo indican una mayor elevación a la salida Q<sub>4</sub> en comparación a la entrada Q<sub>1</sub>, tal como se manifestaron hace un año atrás.

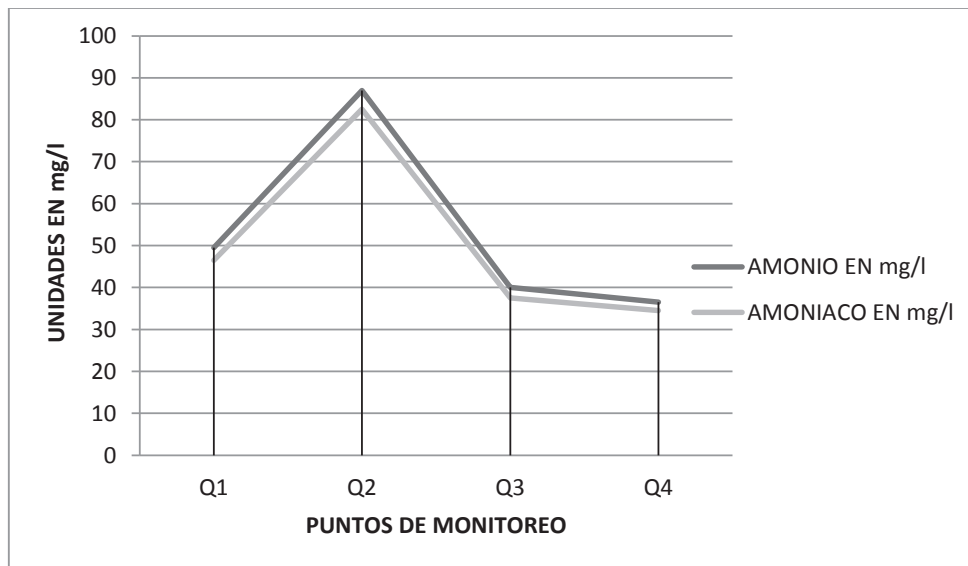
- Adicionalmente determinamos en laboratorio los parámetros: Amonio, amoníaco, níquel, tensoactivos y cobalto para los puntos de monitoreo Q<sub>1</sub>-Q<sub>2</sub>-Q<sub>3</sub> y Q<sub>4</sub> realizados desde 17/11/2014 hasta el 19/12/2014 con los siguientes resultados descritos en las **Tablas 3.7, 3.8, 3.9** y apreciados de mejor manera en las **gráficas 3.5, 3.6 y 3.7**.

**TABLA 3.7:** DATOS OBTENIDOS EN EL LABORATORIO DE AMONIO Y AMONIACO.

LUGAR DE LA TOMA DE MUESTRA		AMONIO EN mg/l	AMONIACO EN mg/l
1	Q1	49,5	46,5
2	Q2	87	82,5
3	Q3	40	37,5
4	Q4	36,5	34,5

Fuente: Resultados obtenidos en el laboratorio de la EPN-CICAM el 05/12/2014.  
Tabla elaborada por: Pablo Pazmiño.

**GRÁFICA 3.5:** VALORES DE LOS RESULTADOS DE AMONIO VS AMONIACO en mg/l.



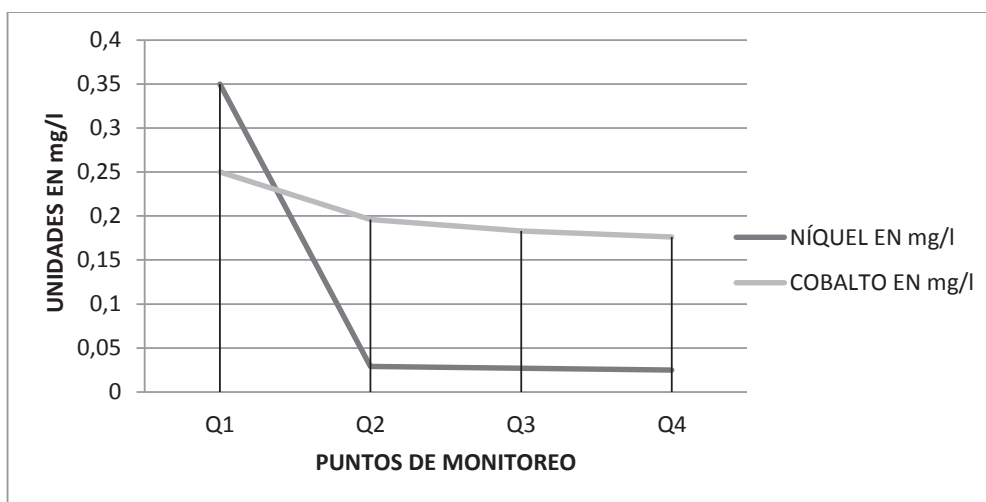
Fuente: Gráfica elaborada por Pablo Pazmiño el 05/12/2014.

**TABLA 3.8:** RESULTADOS OBTENIDOS EN EL LABORATORIO PARA NÍQUEL Y COBALTO.

LUGAR DE LA TOMA DE MUESTRA		NÍQUEL EN mg/l	COBALTO EN mg/l
1	Q1	0,35	0,25
2	Q2	0,029	0,196
3	Q3	0,027	0,183
4	Q4	0,025	0,176

Fuente: Resultados obtenidos en el laboratorio de la EPN-CICAM el 28/11/2014.  
Tabla elaborada por: Pablo Pazmiño.

**GRÁFICA 3.6:** VALORES DE LOS RESULTADOS DE NÍQUEL Y COBALTO EN mg/l.



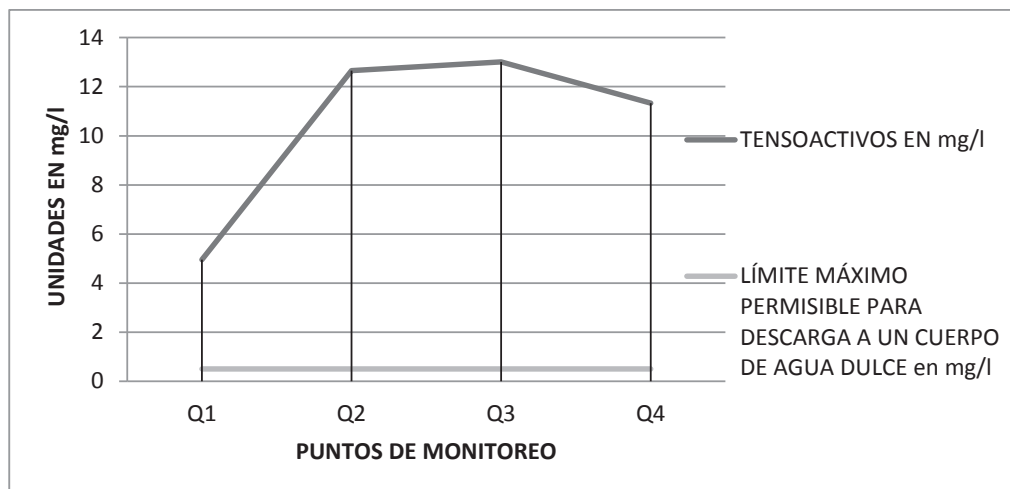
Fuente: Gráfica elaborada por Pablo Pazmiño el 28/11/2014.

**TABLA 3.9:** RESULTADOS OBTENIDOS EN LABORATORIO PARA EL PARÁMETRO TENSOACTIVOS Y COMPARADOS CON LA NORMA TULAS.

TENSOACTIVOS			LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE TULAS PARA DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE en mg/l
LUGAR DE LA TOMA DE MUESTRA	TENSOACTIVOS EN mg/l		
1	Q1	4,949	<b>0,5</b>
2	Q2	12,66	
3	Q3	13,01	
4	Q4	11,33	

Fuente: Resultados obtenido en el laboratorio de la EPN-CICAM el 15/12/2014.  
Tabla elaborada por: Pablo Pazmiño.

**GRÁFICA 3.7:** VALORES OBTENIDOS DE LOS RESULTADOS DE TENSOACTIVOS VS EL VALOR LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE PARA DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE.



Fuente: Gráfica elaborada por Pablo Pazmiño el 15/12/2014.

### 3.10 COMPARACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

La **Tabla 3.10** relaciona los resultados fisicoquímicos tensoactivos, turbiedad, DBO<sub>5</sub>, DQO y sólidos sedimentables, obtenidos en laboratorio solo para los puntos de monitoreo **Entrada (Q<sub>1</sub>)** vs **Salida (Q<sub>4</sub>)** en el período de temporalidad comprendida de un año (2013-2014).

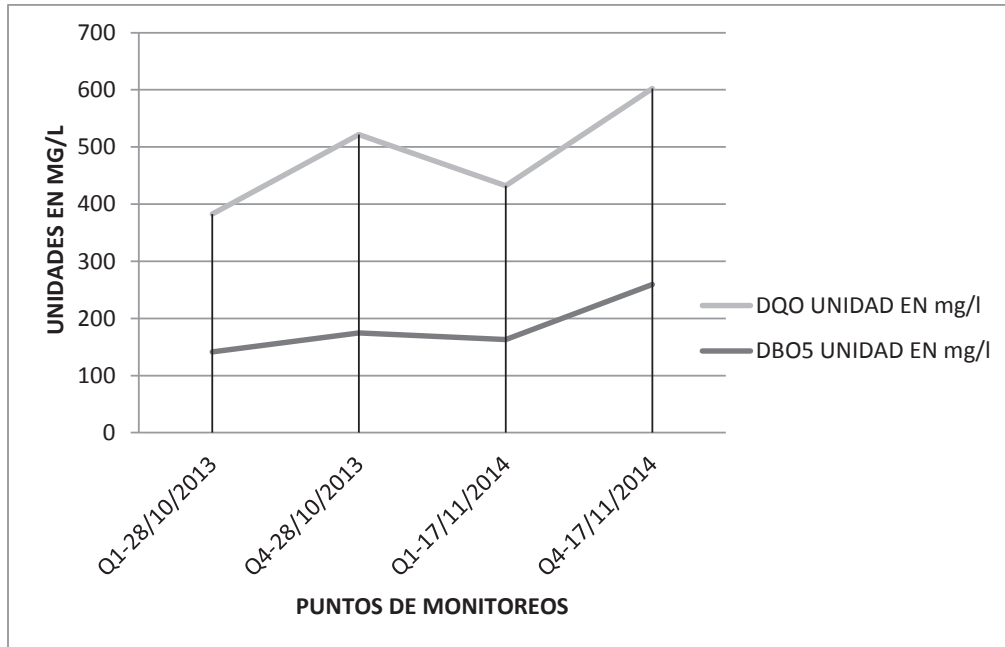
**TABLA 3.10:** RECOPIACIÓN DE RESULTADOS 2013 Y 2014 PARA EL ANÁLISIS DE TEMPORALIDAD.

PUNTO DE LA TOMA DE MUESTRA	DBO5 UNIDAD EN mg/l	DQO UNIDAD EN mg/l	SÓLIDOS SEDIMENTABLE EN ml/L*h	TENSOACTIVO EN mg/l	TURBIEDAD EN NTU
1° Q <sub>1</sub> (28/10/2013)	141,6	241	0,3	3,53	75,7
2° Q <sub>4</sub> (28/10/2013)	174,7	347	0,8	2,73	145
3° Q <sub>1</sub> (17/11/2014)	163,2	269	3	6,126	213
4° Q <sub>4</sub> (17/11/2014)	259,2	343	3,2	9,776	310

Fuente: Tabla elaborada por Pablo Pazmiño el 06/06/2015.

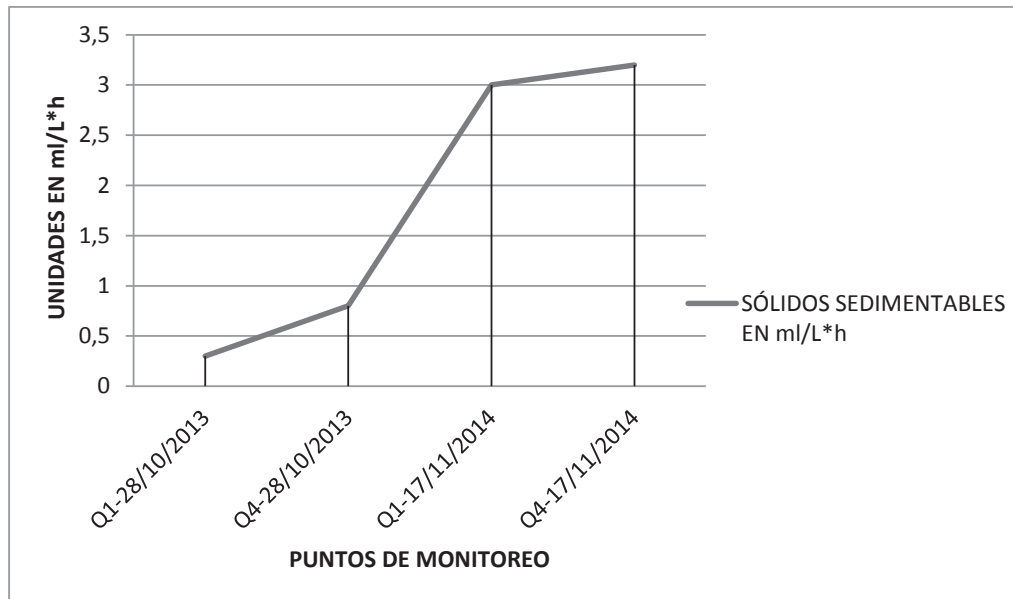
Además, **las gráficas 3.8, 3.9, 3.10 y 3.11** a continuación dividen los datos de la tabulación anterior en parámetros análogos con el fin de tener una mejor perspectiva para el análisis de resultados.

**GRÁFICA 3.8:** VALORES OBTENIDOS DE LOS RESULTADOS DE DBO VS DQO DE LOS PUNTOS DE MONITOREO ENTRA Y SALIDA EN EL PERIODO 2013-2014.



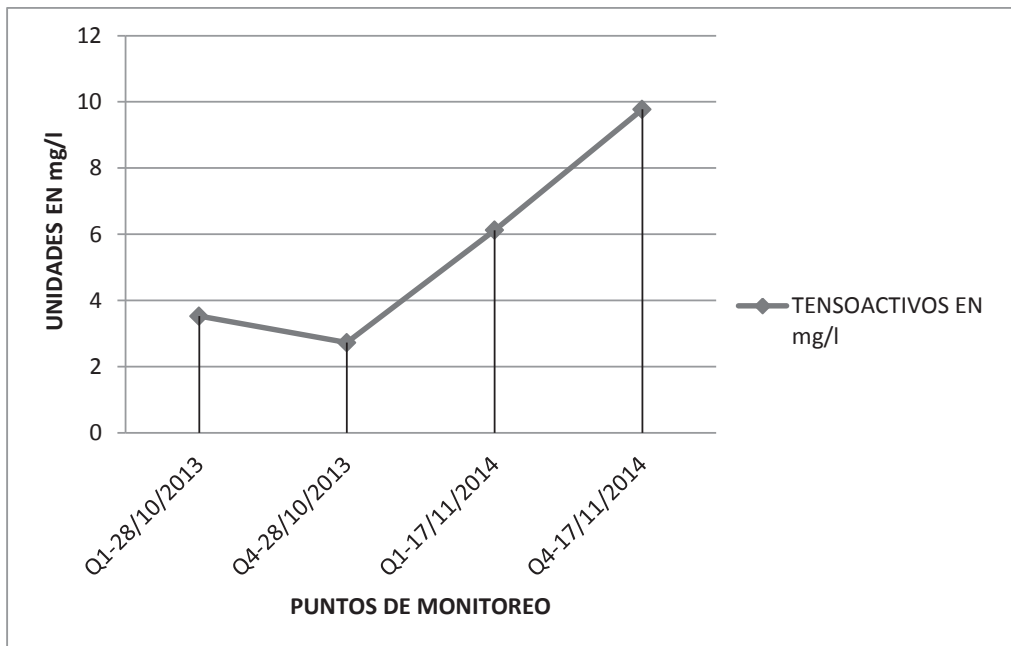
Fuente: Gráfica elaborada por Pablo Pazmiño el 06/06/2015.

**GRÁFICA 3.9:** VALORES DE LOS RESULTADOS DE SÓLIDOS SEDIMENTABLES DE LOS PUNTOS ENTRADA Y SALIDA EN EL PERIODO 2013-2014.



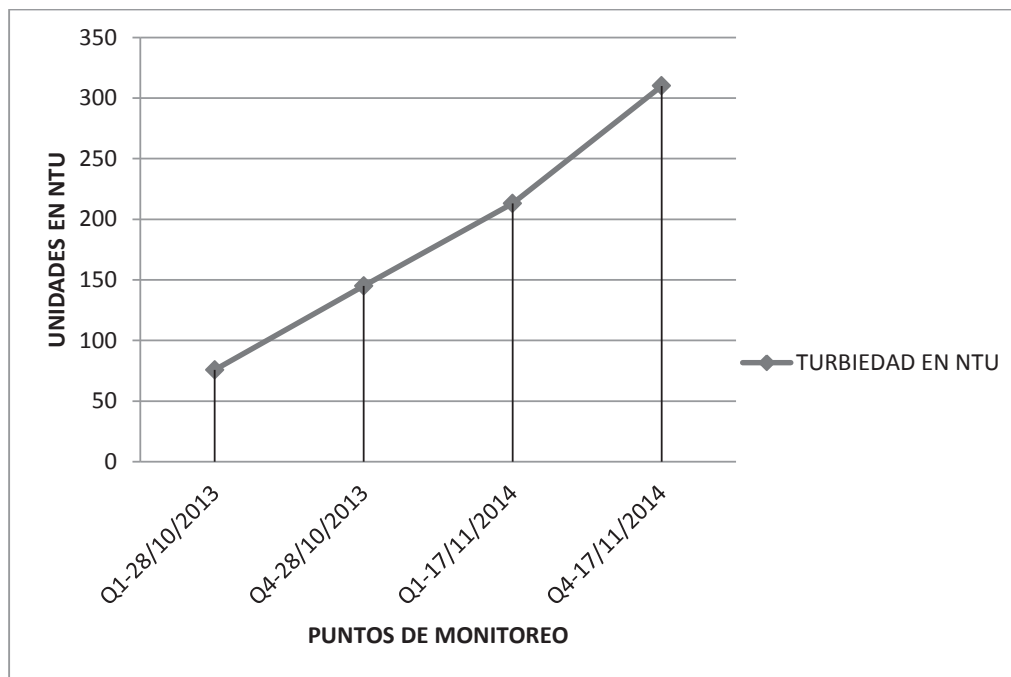
Fuente: Gráfica elaborada por Pablo Pazmiño el 06/06/2015.

**GRÁFICA 3.10:** VALORES DE LOS RESULTADOS DE TENSOACTIVOS DE LOS PUNTOS ENTRADA Y SALIDA EN EL PERIODO 2013-2014.



Fuente: Gráfica elaborada por Pablo Pazmiño el 06/06/2015.

**GRÁFICA 3.11:** VALORES DE LOS RESULTADOS DE TURBIEDAD DE LOS PUNTOS ENTRADA Y SALIDA EN EL PERÍODO 2013-2014.



Fuente: Gráfica elaborada por Pablo Pazmiño el 06/06/2015.

Los datos anteriores reflejan, claramente una elevación abrupta entre el punto de salida  $Q_4$  en comparación al punto de entrada  $Q_1$ , tanto para el período 2013 como para el 2014.

Con este tiempo transcurrido y en base a los resultados, se puede llegar a la conclusión que el punto de salida ha disminuido su capacidad de dilución y por ende, su capacidad de autodepuración, pero al valorar los datos arrojados del punto de ingreso, son mucho menores que al salir en ambos periodos de análisis, lo que confirma la existencia de una descarga clandestina ( $Q_E$ ) que por lo visto, incrementó sus descargas desde el último análisis fisicoquímico, por la elevación en los resultados, encareciendo la capacidad de autodepuración del tramo del río Machángara que atraviesa lateralmente el parque lineal Las Cuadras.

Para poder determinar cuan influyente es la descarga  $Q_E$  fue analizada en dos etapas:

1. Análisis de la influencia de la **Descarga  $Q_E$**
2. La temporalidad

La primera etapa, análisis de la influencia de la descarga  $Q_E$ , se refiere netamente a su influencia al descargar está directamente al cauce del tramo de río Machángara, influencia analizada por medio del método ACP (análisis de componentes principales), basado en combinar todas las variables en un solo valor adimensional.

Los valores seleccionados para combinarlos en un solo valor adimensional, fueron aquellos que interviniesen en los cuatro punto de monitoreo ( $Q_1/ Q_2 /Q_3 /Q_4$ ), recordando que los puntos que analizan la afectación de la descarga  $Q_E$  son los puntos  $Q_2$  y  $Q_3$  (por dificultades de acceso), valores que no intervinieran en estos 4 puntos eran descartados, por lo que se escogieron los datos de níquel, cobalto, amonio, amoníaco, tensoactivos y caudal (los datos de caudal se los obtuvo mediante un promedio aritmético para cada punto), para obtener al final de cada punto de monitoreo un valor adimensional que vino a representar la calidad del agua bajo la influencia de la descarga  $Q_E$ , como lo muestra la **Tabla 3.11** a continuación.

**TABLA 3.11:** TABULACIÓN PARA EL ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA DESCARGA  $Q_E$ ,  
 APLICADO EL MÉTODO ACP (ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES).

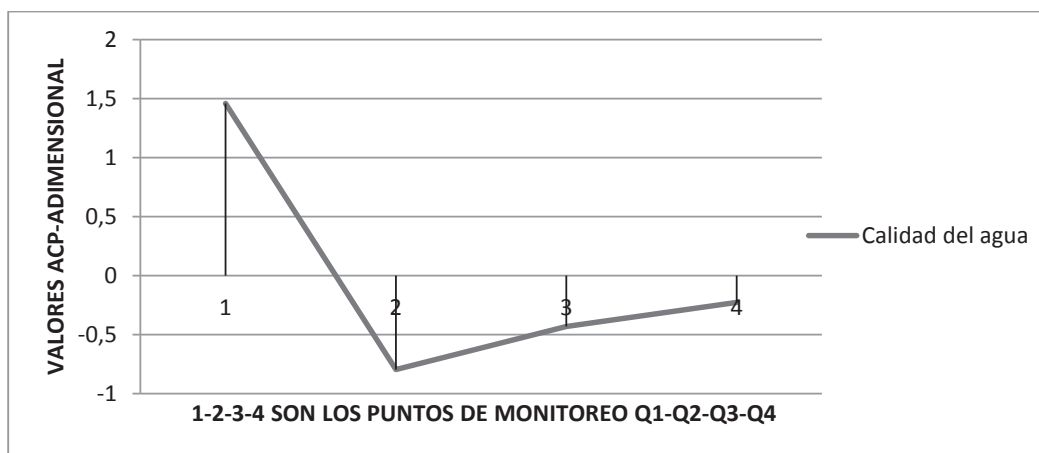
PUNTO DE LA TOMA DE MUESTRA		NÍQUEL EN mg/l	COBALTO EN mg/l	AMONIO EN mg/l	AMONIACO EN mg/l	TENSOACTIVOS EN mg/l	CAUDAL m3/S	CALIDAD DEL AGUA
1	<b>Q1</b>	0,35	0,25	49,5	46,5	4,949	1,1	<b>1,45796</b>
2	<b>Q2</b>	0,029	0,196	87	82,5	12,66	0,34	<b>-0,79689</b>
3	<b>Q3</b>	0,027	0,183	40	37,5	13,01	0,51	<b>-0,43254</b>
4	<b>Q4</b>	0,025	0,176	36,5	34,5	11,33	0,66	<b>-0,22852</b>

Fuente: Tabla elaborada por Pablo Pazmiño el 23/10/2015.

Los valores obtenidos de la tabulación preliminar proporcionaron el dato calidad del agua, valores que permitieron concluir:

- Para el punto  $Q_1$  se muestra un valor positivo que indica que no se ve influenciado o afectado por la descarga  $Q_E$ .
- Los subsiguientes puntos  $Q_2 - Q_3 - Q_4$ , de forma general, presentan una afectación o influencia de la descarga  $Q_E$ , como lo indica el signo menos (-) pero, su afectación o influencia se diferencia entre sí por la magnitud que preside al signo, como lo indica la **gráfica 3.12**.

**GRÁFICA 3.12:** VALORES DE LOS RESULTADOS DE LA INFLUENCIA DE LA DESCARGA  $Q_E$ ,  
 APLICADO EL MÉTODO ACP Y LOS PUNTOS DE MONITOREO Q1-Q2-Q3-Q4.



Fuente: Tabla elaborada por Pablo Pazmiño el 23/10/2015.



La gráfica 3.12, muestra de forma general, la afectación o influencia que tiene la descarga  $Q_E$  en el tramo, dándole un valor positivo que excluye del resto al punto  $Q_1$ , punto que no se ve afectado por la descarga, al ser el punto que representa la entrada del caudal al parque, por ende se encontraba fuera del rango de alcance de  $Q_E$ .

Para los subsiguientes puntos de monitoreo  $Q_2$ - $Q_3$ - $Q_4$ , representados en el gráfico anterior por los números 2-3-4 respectivamente, muestran una gran influencia o afectación de la descarga  $Q_E$  en comparación al punto  $Q_1$ . Siendo los puntos más afectados el punto  $Q_2$  y  $Q_3$ , puntos en mayor contacto con la descarga  $Q_E$ , deteriorándose su calidad y cumpliendo su objetivo de selección, al no poder monitorear la descarga  $Q_E$  de forma directa por dificultades de acceso se reemplazó por los puntos auxiliares  $Q_2$  y  $Q_3$  que valoraron su afectación.

Para concluir, el punto  $Q_4$  al igual que los puntos anteriores también se ve afectado o influenciado por la descarga  $Q_E$ , pero en menor magnitud, mostrándose con una cierta mejora en comparación a los puntos  $Q_2$  y  $Q_3$ , demostrando que si no existiese esta descarga se podría pensar en un cambio considerable relacionado con la calidad del agua y con ello la capacidad de autodepuración en este tramo.

**La segunda etapa, la temporalidad**, expresa la transitoriedad del tiempo, entre un primer análisis fisicoquímico (parámetros  $DBO_5$ , DQO, tensoactivos, sólidos sedimentables y turbiedad), cuando la descarga  $Q_E$ , era considerada como difusa, realizada el 28/10/2013 con relación a un segundo análisis fisicoquímico efectuado el 17/11/2014, cuando la descarga  $Q_E$  dejó de ser una descarga difusa para convertirse en una puntual, durante este período 2013-2014, ambos análisis fueron realizados en los puntos de monitoreo **Entrada ( $Q_1$ ) vs Salida ( $Q_4$ )**, para determinar la afectación en el tiempo.

Esta afectación pudo ser analizada e interpretada de mejor manera mediante la aplicación del método ACP (análisis de componentes principales), para obtener al final un valor adimensional, que vino a representar la calidad del agua bajo la influencia de la temporalidad, como lo muestra la **Tabla 3.12** a continuación.

**TABLA 3.12:** ANÁLISIS DE DATOS CON REFERENCIA A LA TEMPORALIDAD ENTRADA VS SALIDA 2013-2014.

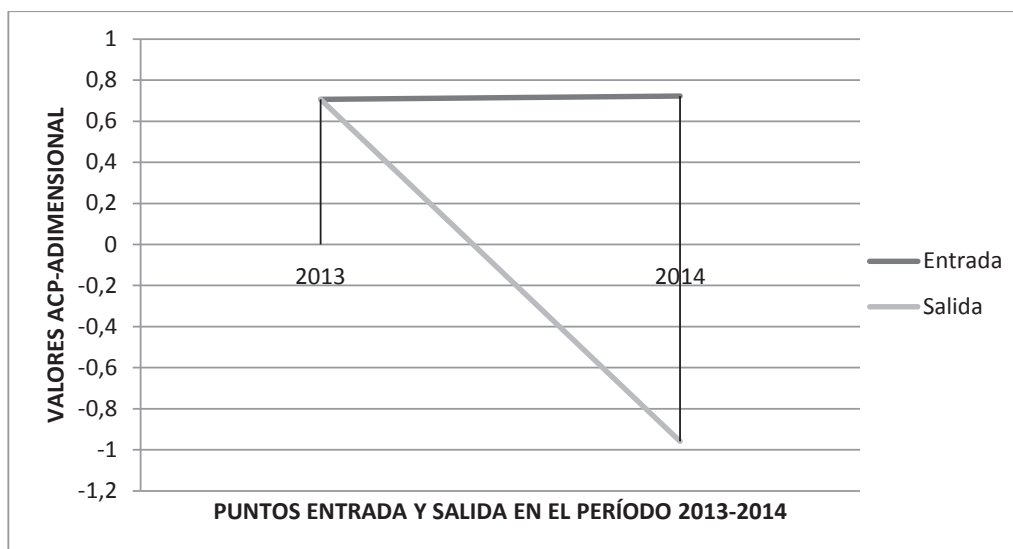
TEMPORALIDAD	DBO5 en <i>mg/l</i>	DQO en <i>mg/l</i>	SÓLIDOS SEDIMENTABLES <i>en ml/L*h</i>	TENSOACTIVOS <i>(detergentes) en mg/l</i>	TURBIEDAD <i>en NTU</i>	CALIDAD DEL AGUA
Q <sub>1</sub> /2013	141,6	241	0,3	3,53	75,7	<b>0,70711</b>
Q <sub>4</sub> /2013	174,7	347	0,8	2,73	145	<b>0,70711</b>
<b>Q<sub>1</sub>/2014</b>	163,2	269	3	6,126	213	<b>0,72209</b>
<b>Q<sub>4</sub>/2014</b>	259,2	343	3,2	9,776	310	<b>-0,95844</b>

Fuente: Tabla elaborada por Pablo Pazmiño 23/10/2015.

Los valores obtenidos de la tabulación preliminar proporcionaron el dato calidad del agua, con respecto a la temporalidad concluyendo:

- En el período 2013, el punto Q<sub>1</sub> como Q<sub>4</sub>, se mostraron con valores positivos e iguales magnitudes, indicando que la afectación de la descarga Q<sub>E</sub> y los resultados fisicoquímicos, se mantuvieron constantes o no hubo mayor influencia.
- Para el período 2014, el punto Q<sub>1</sub> se mostró con un valor positivo, de magnitud casi similar al 2013, durante el transcurrir del tiempo, mientras para el punto Q<sub>4</sub>, se manifestó con un signo negativo precedido de una magnitud inferior en comparación a los anteriores puntos, demostrándose que la afectación de la descarga Q<sub>E</sub> es indudable y deterioró su calidad de agua al evidenciarse en los resultados fisicoquímicos, como se aprecia de mejor forma en la **gráfica 3.13** a continuación.

**GRÁFICA 3.13:** VALORES DE LOS RESULTADOS CON RESPECTO A LA TEMPORALIDAD PARA LOS PUNTOS ENTRADA Y SALIDA EN EL PERÍODO 2013-2014 APLICANDO EL MÉTODO ACP.



Fuente: Gráfica elaborada por Pablo Pazmiño el 23/10/2015.

La gráfica 3.13 resume los análisis fisicoquímicos realizados en el tramo del río Machángara, parque lineal Las Cuadras durante el período **2013-2014**, dividido para facilitar su análisis en dos líneas, Entrada vs Salida.

En este gráfico, la línea que representa la salida, mostró una caída desde su primer análisis efectuado en el 2013, pero se agravó en el período 2014. Esto tiene una relación muy estrecha con la influencia de la **descarga  $Q_E$** , en un inicio esta descarga se presentó como difusa y su afectación en el 2013 fue media, como se indica la gráfica, pero se acrecentó en el 2014 cuando la descarga  $Q_E$  dejó de ser difusa para convertirse en puntual, esto deterioró completamente la calidad del agua y su capacidad de autodepuración en este tramo.

La descarga  $Q_E$  como puntual incrementó los resultados de fisicoquímicos obtenidos en laboratorio, la inexistencia o presencia difusa de esta descarga, estimó una posible recuperación natural como hipótesis de este proyecto.

Pero ante la real existencia de la descarga  $Q_E$ , está hipótesis fue descartada, la posibilidad de presentar indicios de una posible autodepuración en el tramo de río Machángara, parque lineal Las Cuadras no es factible.

## CAPITULO IV. CONCLUSIÓN DEL PROYECTO

Los parámetros de la calidad del agua varían de acuerdo al tipo de fuente y sus valores determinan el uso y aplicación que se le puede dar, principalmente, su comportamiento frente a la contaminación depende del tipo de uso que tengan, pero, generalmente los cauces tienden a eliminar las sustancias contaminantes por sí mismos, requiriendo de ciertas condiciones como espacio y tiempo para lograrlo, de hecho, al verter algún veneno a un cauce o tramo corto, este lo contaminará por un largo periodo, misma cantidad de veneno vertido en millones de metros cúbicos del océano no tiene una significación importante. Por lo tanto, grandes volúmenes de agua pueden convertir en inofensiva una descarga de un contaminante. Esta es la acción de la dilución.(Orozco, 2005, pág. 32).

El agua en los tramos altos de los ríos es de buena calidad “en estos sitios, apenas existen vertidos y su capacidad de autodepuración es alta por ser sus aguas rápidas y muy oxigenadas” (Orozco, 2005, págs. 32-33) al contrario, en los tramos bajos es mucho menor su calidad, “por una mayor cantidad de vertidos, tanto urbanos como industriales, que encarecen la capacidad de autodepuración en estos, sumado el lento desplazamiento y poca oxigenación de sus aguas, así como al exceso de contaminantes.”(Orozco, 2005, pág. 34).

Un ejemplo de ello se presenta en el tramo del río Machángara que atraviesa lateralmente el parque lineal Las Cuadras, que por su corto trayecto, carencia de afluentes y el exceso de contaminación limitaron la capacidad de dilución y por ende, su capacidad de autodepuración.

Es verdad que para establecer el tipo o la calidad del agua en un sitio es necesario determinar un sin número de parámetros fisicoquímicos y al pensar que se puede analizar a un tramo por la simple visualización o experiencia, es el primer error, caso ocurrido en este tramo objeto de estudio, al ingreso se presentó un caudal con espumas, turbiedad y mal olor para salir del parque con un paisaje muy diferente al que ingresó.

Un caudal de ingreso más contaminado que al salir, depurándose aparentemente durante el recorrido del tramo en el parque, de manera natural, llevó a concluir que el tramo presentó indicios de autodepuración, criterio que se quiso respaldar en un caracterización fisicoquímica, demostrando un error, al salir el caudal del parque, este se encontró más contaminado que al ingreso.

La calidad del agua en este tramo se vio afectado, pero no de manera evidente, el único respaldo certero fueron los resultados fisicoquímicos que evidenciaron su estado real.

Las aguas superficiales como los ríos y afluentes de corta distancia cercanos a una población, se encuentran en su mayor parte contaminados, ya que el incremento de una población demanda un mayor número de recursos, entre estos el agua, situación que genera una contaminación de igual magnitud, siendo su mayor problema las descargas indiscriminadas, descargas realizadas desde puntos difusos o en horarios nocturnos, que agravan la capacidad de auto-regeneración de un estado en equilibrio.

Este escenario fue el que se presentó en el tramo que atraviesa el parque Las Cuadras, encontrándose casi en medio de los puntos que permitieron el ingreso y salida del caudal, una tercera estructura sin descarga aparente, considerándola como un punto de exceso de lluvia, que en parte ayudaría al cauce a recobrar su estado natural, pero no fue así, unos meses después de su hallazgo, se convirtió en una descarga puntual, gracias a su ubicación estratégica y caída reduce su color confundiéndose para desaparecer aguas abajo, por lo que fue indetectable al salir del parque, esta descarga no respetó ni época del año ni horario para descargar indiscriminadamente al cauce del tramo de río Machángara en el parque lineal Las Cuadras.

El punto de afectación denominado  $Q_E$  descargó al tramo de río Machángara sin ningún pre-tratamiento, lo que encareció sus características organolépticas y disminuyó su capacidad de autodepuración, mencionando que la cantidad de agua residual que ingresa al parque supera al agua parcialmente limpia, imposibilitando la capacidad de la dilución, que hizo a un contaminante, por más orgánico que este sea, tarde más tiempo en degradarse, “al consumir una gran parte del oxígeno disuelto en su proceso, lleva consigo a la extinción de la poca vida animal existente.”(Cárdenas & Cárdenas, 2009, pág. 11).

En resumen, al hablar de recuperación natural en un tramo de corto trayecto, se puede contar como primer punto de apoyo, la vegetación circundante al cauce, vegetación que toma parte de los nutrientes proveniente del agua residual para realizar sus procesos fotosintéticos.

El segundo punto, los resaltos hidráulicos y caídas por diferencia de altura, producen turbulencias en el agua, provocando que esta se oxigene para aumentar la actividad microbiana “bacterias aerobias que degradan la materia orgánica” (Cárdenas & Cárdenas, 2009, pág. 14).

Como tercer y fundamental punto, evitar la existencia de todo tipo de descargas difusas o puntuales, que limitan la capacidad de dilución de un vertido y encarece la capacidad de autodepuración, tal como fue el caso del tramo de río Machángara que atraviesa lateralmente el parque lineal Las Cuadras, que de no existir esta descarga  $Q_E$  otra sería la realidad del tramo.

#### **4.1 RECOMENDACIONES GENERALES**

- Los núcleos poblacionales que se ubican cerca o alrededor de algún cauce natural, debe considerarlo, no como un botadero, sino como un ecosistema valioso, generador de vida y bienestar para sus habitantes.
- La manipulación del agua de un cauce, para cualquier proceso que se realice con ella debe implicar una posterior reposición del agua con algún tratamiento de reparación, para evitar cualquier efecto adverso a su equilibrio natural.
- Realizar programas o campañas de limpieza, que liberen a los cauces naturales de la basura y de las descargas nocivas que deterioren su capacidad de dilución y limitan la recuperación natural.

##### **4.1.1 RECOMENDACIONES PARA EL MUESTREADOR**

- Recordar siempre que el muestreo nunca debe realizarse solo.
- Realizar el monitoreo solo en los puntos o sitios de fácil acceso, procurando no poner en riesgo la vida del muestreador.

- Contar con un buen equipo de protección y realizarse chequeos rutinarios por lo menos a los 3 y 6 meses. Adicionalmente colocarse vacunas inmunológicas para evitar cualquier enfermedad causada por el contacto directo con el agua residual.
- Evitar muestrear en un terreno arenoso, especialmente cuando sea necesario realizar algún acceso directo, debido a que los suelos arenosos son inestables y el muestreador puede caer o peor aún, hundirse en el agua residual. De igual forma, evitar recolectar muestras o tomar in situ en lugares con exposición solar directa, ya que se pueden alterar y no se recolectaría una información real.
- Si fuera posible, contar con un financiamiento externo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Capó, M. (2007). *Principios de ecotoxicología: diagnóstico, tratamiento y gestión del medio ambiente*. Editorial Tebar.
2. Cárdenas, G., & Cárdenas, J. (2009). *Agricultura, urbanización y agua*. Montevideo, Uruguay.
3. Doméneh, X., & Peral, J. (2006). *Química ambiental de sistemas terrestres*. Reverte.
4. Heinke, G., & Glynn, H. J. (1999). *Ingeniería Ambiental*. México: Pearson educación.
5. Hoy, D. (15 de enero de 2008). El parque Las Cuadras. *Hoy* .
6. Jiménez, B. (2001). *La Contaminación Ambiental en México*. Editorial Limusa.
7. Jurado, J. (1998). Manual para muestreo de aguas y sedimento-  
Recopilación Bibliográfica. Editorial: Facultad de Arquitectura y diseño  
PUCE. Quito-Ecuador.
8. Melissa, M. (2010). La biografía secreta de las aguas quiteñas. *Ecuador Terra Incógnita* , 1-5.
9. Monge, J., & Ángel, P. *Estadística no Paramétrica*.
10. Moreano, M. (2010). La biografía secreta de las aguas quiteñas.  
*Ecuador Terra Incógnita* , 1-5.
11. Orozco, Á. (2005). *Bioingeniería de Aguas Residuales-Teoría y Diseño*. Bogotá, Colombia: Acodal.
12. *Prevención de la contaminación del agua por la agricultura y actividades afines*. (1993). Food&AgricultureOrg.
13. Ros, G. D. (1995). *La contaminación de aguas en Ecuador: una aproximación económica*. Quito, Ecuador: Editorial Abya Yala.
14. Terrádez, M. *Análisis de componentes principales*.



## **ANEXOS**

## ANEXO 1. REFERENCIAS LEGALES.



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

### TULAS, NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE FLUENTES: RECURSOS AGUA-LIBRO VI, Anexo 1.

#### INTRODUCCIÓN

La presente norma técnica ambiental es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

#### La presente norma técnica determina o establece:

- Definiciones generales.
- Los criterios generales de descarga de efluentes, tanto al sistema de alcantarillado, como a los cuerpos de agua.
- Los límites permisibles para descarga de efluentes en cuerpo de agua o receptor.

#### Objeto

La norma tiene como objetivo la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, en lo relativo al recurso agua.

El objetivo principal de la presente norma es proteger la calidad del recurso agua para salvaguardar y preservar la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general.

Las acciones tendientes a preservar, conservar o recuperar la calidad del recurso agua deberán realizarse en los términos de la presente Norma.

## DEFINICIONES GENERALES

Para el propósito de esta norma se consideran las definiciones establecidas en el Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental que a continuación se indican:

- ***Aguas residuales***  
Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, que hayan sufrido degradación en su calidad original.
- ***Aguas superficiales***  
Toda aquella agua que fluye o almacena en la superficie del terreno.
- ***Caracterización de un agua residual***  
Proceso destinado al conocimiento integral de las características estadísticamente confiables del agua residual, integrado por la toma de muestras, medición de caudal e identificación de los componentes físico, químico, biológico y microbiológico.
- ***Capacidad de asimilación***  
Propiedad que tiene un cuerpo de agua para recibir y depurar contaminantes sin alterar sus patrones de calidad, referido a los usos para los que se destine.
- ***Carga máxima permisible***  
Es el límite de carga que puede ser aceptado en la descarga a un cuerpo receptor o a un sistema de alcantarillado.
- ***Carga contaminante***  
Cantidad de un contaminante aportada en una descarga de aguas residuales, expresada en unidades de masa por unidad de tiempo.

- **Cuerpo receptor o cuerpo de agua**  
Es todo río, lago, laguna, aguas subterráneas, cauce, depósito de agua, corriente, zona marina, estuarios, que sea susceptible de recibir directa o indirectamente la descarga de aguas residuales.
  
- **Depuración**  
Es la remoción de sustancias contaminantes de las aguas residuales para disminuir su impacto ambiental.
  
- **Descargar**  
Acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor o a un sistema de alcantarillado en forma continua, intermitente o fortuita.
  
- **Descarga no puntual**  
Es aquella en la cual no se puede precisar el punto exacto de vertimiento al cuerpo receptor, tal es el caso de descargas provenientes de escorrentía, aplicación de agroquímicos u otros similares.
  
- **Efluente**  
Líquido proveniente de un proceso de tratamiento, proceso productivo o de una actividad.
  
- **Oxígeno disuelto**  
Es el oxígeno libre que se encuentra en el agua, vital para las formas de vida acuática y para la prevención de olores.
  
- **Polución o contaminación del agua**  
Es la presencia en el agua de contaminante en concentraciones y permanencias superiores o inferiores a las establecidas en la legislación vigente capaz de deteriorar la calidad del agua.

- **Río**  
Corriente de agua natural, perenne o intermitente, que desemboca a otras corrientes, embalses naturales o artificiales, lagos, lagunas o al mar.

### **CRITERIOS GENERALES DE DESCARGA DE EFLUENTES, TANTO AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO, COMO A LOS CUERPOS DE AGUA**

- Se prohíbe la utilización de cualquier tipo de agua, con el propósito de diluir los efluentes líquidos no tratados.
- Los laboratorios que realicen los análisis de determinación del grado de contaminación de los efluentes o cuerpos receptores deberán haber implantado buenas prácticas de laboratorio, seguir métodos normalizados de análisis y estar certificados por alguna norma internacional de laboratorios, hasta tanto el organismo de acreditación ecuatoriano establezca el sistema de acreditación nacional que los laboratorios deberán cumplir.
- Los sistemas de drenaje para las aguas domésticas, industriales y pluviales que se generen en una industria, deberán encontrarse separadas en sus respectivos sistemas o colectores.
- Se prohíbe descargar sustancias o desechos peligrosos (líquidos-sólidos-semisólidos) fuera de los estándares permitidos, hacia el cuerpo receptor, sistema de alcantarillado y sistema de aguas lluvias.
- A la salida de las descargas de los efluentes no tratados y de los tratados, deberán existir sistemas apropiados, ubicados para medición de caudales. Para la medición del caudal en canales o tuberías se usarán vertederos rectangulares o triangulares, medidor Parshall u otros aprobados por la Entidad Ambiental de Control. La tubería o canal de conducción y descarga de los efluentes, deberá ser conectada con un tanque de disipación de energía y acumulación de líquido, el cual se ubicará en un lugar nivelado y libre de perturbaciones, antes de llegar al vertedero. El vertedero deberá estar nivelado en sentido perpendicular al

fondo del canal y sus características dependerán del tipo de vertedero y del ancho del canal o tanque de aproximación.

- De acuerdo con su caracterización toda descarga puntual al sistema de alcantarillado y toda descarga puntual o no puntual a un cuerpo receptor, deberá cumplir con las disposiciones de esta Norma. La Entidad Ambiental de Control dictará la guía técnica de los parámetros mínimos de descarga a analizarse o monitorearse, que deberá cumplir todo regulado. La expedición de la guía técnica deberá darse en un plazo máximo de un mes después de la publicación de la presente norma. Hasta la expedición de la guía técnica es responsabilidad de la Entidad Ambiental de Control determinar los parámetros de las descargas que debe monitorear el regulado.
- Cuando los regulados, aun cumpliendo con las normas de descarga, produzcan concentraciones en el cuerpo receptor o al sistema de alcantarillado, que excedan los criterios de calidad para el uso o los usos asignados al agua, la Entidad Ambiental de Control podrá exigirles valores más restrictivos en la descarga, previo a los estudios técnicos realizados por la Entidad Ambiental de Control, justificando esta decisión.

**LÍMITES MÁXIMO PERMISIBLES PARA DESCARGAS A UN CUERPO DE AGUA DULCE PARA LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS REALIZADOS EN EL TRAMO DEL RÍO MACHÁNGARA, PARQUE LINEAL LAS CUADRAS**

<b>PARÁMETROS</b>	<b>EXPRESADO COMO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE</b>
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O <sub>5</sub>	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	250

<b>PARÁMETROS</b>	<b>EXPRESADO COMO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE</b>
Materia flotante	<b>Visibles</b>		<b>Ausencia</b>
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Sólidos Sedimentables		ml/l	1,0
Temperatura	°C		< 35
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Cobalto	Co	mg/l	0,5

**ANEXO 2. CARTAS DE AUTORIZACIÓN PARA REALIZAR  
EL MONITOREO Y MEDICIÓN DE PARÁMETROS IN SITU  
DEL TRAMO DE RÍO MACHÁNGARA QUE ATRAVIESA  
EL PARQUE LINEAL LAS CUADRAS.**



Quito, 25 de Octubre de 2013

Señor

Gustavo Cruz

**ADMINISTRADOR PARQUE METROPOLITANO LAS CUADRAS**

En su despacho:

Pablo Andrés Pazmiño Corral, ecuatoriano, portador de la cedula 1720100161, estudiante de la Escuela Politécnica Nacional, de la Facultad de Tecnólogos de la carrera de Agua y Saneamiento Ambiental, solicito a usted me autorice realizar un muestreo y medición de parámetros in situ del tramo del río que atraviesa el parque.

La información obtenida mediante esta actividad constituye un valioso insumo en la elaboración de mi proyecto de titulación previo a obtener el título de Tecnólogo en Agua y Saneamiento Ambiental.

El muestreo se realizará el día lunes 28 de Octubre de 2013.

Por la atención que dé a la presente y a la espera de que mi solicitud sea acogida en los mejores términos, le reitero mi consideración.

Atentamente

Pablo Pazmiño

Quito, 20 de Junio de 2014

Señor

Gustavo Cruz

**ADMINISTRADOR PARQUE METROPOLITANO LAS CUADRAS**

En su despacho:

Pablo Andrés Pazmiño Corral, ecuatoriano, portador de la cedula 1720100161, estudiante de la Escuela Politécnica Nacional, de la Facultad de Tecnólogos de la carrera De Agua y Saneamiento Ambiental, solicito a usted me autorice realizar un muestreo y medición de parámetros in situ del tramo del río que atraviesa el parque.

La información obtenida mediante esta actividad constituye un valioso insumo en la elaboración de mi proyecto de titulación previo a obtener el título de Tecnólogo en Agua y Saneamiento Ambiental.

El muestreo lo realizare el sábado 21de Junio de 2014.

Por la atención que dé a la presente y a la espera de que nuestra solicitud sea acogida en los mejores términos, le reitero mi consideración.

Atentamente

Pablo Pazmiño

Quito, 22 de Agosto de 2014

Señor

Gustavo Cruz

**ADMINISTRADOR PARQUE METROPOLITANO LAS CUADRAS**

En su despacho:

Pablo Andrés Pazmiño Corral, ecuatoriano, portador de la cédula 1720100161, estudiante de la Escuela Politécnica Nacional, de la Facultad de Tecnólogos de la carrera De Agua y Saneamiento Ambiental, solicito a usted me autorice realizar un muestreo y medición de parámetros in situ del tramo del río que atraviesa el parque.

La información obtenida mediante esta actividad constituye un valioso insumo en la elaboración de mi proyecto de titulación previo a obtener el título de Tecnólogo en Agua y Saneamiento Ambiental.

El muestreo se realizará el día lunes 23 de Agosto de 2014.

Por la atención que dé a la presente y a la espera de que mi solicitud sea acogida en los mejores términos, le reitero mi consideración.

Atentamente

Pablo Pazmiño

Quito, 12 de septiembre de 2014

Señor

Gustavo Cruz

**ADMINISTRADOR PARQUE METROPOLITANO LAS CUADRAS**

En su despacho:

Pablo Andrés Pazmiño Corral, ecuatoriano, portador de la cédula 1720100161, estudiante de la Escuela Politécnica Nacional, de la Facultad de Tecnólogos de la carrera De Agua y Saneamiento Ambiental, solicito a usted me autorice realizar un muestreo y medición de parámetros in situ del tramo del río que atraviesa el parque.

La información obtenida mediante esta actividad constituye un valioso insumo en la elaboración de mi proyecto de titulación previo a obtener el título de Tecnólogo en Agua y Saneamiento Ambiental.

El muestreo lo realizare el sábado 13 de septiembre de 2014.

Por la atención que dé a la presente y a la espera de que mi solicitud sea acogida en los mejores términos, le reitero mi consideración.

Atentamente

Pablo Pazmiño

Quito, 03 de octubre de 2014

Señor

Gustavo Cruz

**ADMINISTRADOR PARQUE METROPOLITANO LAS CUADRAS**

En su despacho:

Pablo Andrés Pazmiño Corral, ecuatoriano, portador de la cedula 1720100161, estudiante de la Escuela Politécnica Nacional, de la Facultad de Tecnólogos de la carrera de Agua y Saneamiento Ambiental, solicito a usted me autorice realizar un muestreo y medición de parámetros in situ del tramo del río que atraviesa el parque.

La información obtenida mediante esta actividad constituye un valioso insumo en la elaboración de mi proyecto de titulación previo a obtener el título de Tecnólogo en Agua y Saneamiento Ambiental.

El muestreo lo realizare el sábado 04 de octubre de 2014.

Por la atención que dé a la presente y a la espera de mi solicitud sea acogida en los mejores términos, le reitero mi consideración.

Atentamente

Pablo Pazmiño

Quito, 17 de Noviembre de 2014

Señor

Miguel Ángel Romero

**ADMINISTRADOR PARQUE METROPOLITANO LAS CUADRAS**

En su despacho:

Pablo Andrés Pazmiño Corral, ecuatoriano, portador de la cédula 1720100161, Luis Hidalgo Tamayo, ecuatoriano, portador de la cédula 170658835-5 estudiantes de la Escuela Politécnica Nacional, de la Escuela de Formación de Tecnólogos de la carrera De Agua Y Saneamiento Ambiental, solicitan a usted nos autorice realizar un muestreo, medición y recolección de muestras para un análisis de parámetros físicos-químicos en el tramo del río que atraviesa el parque.

La información obtenida mediante esta actividad constituye un valioso insumo en la elaboración de nuestro proyecto de titulación previo a obtener el título de Tecnólogos en Agua Y Saneamiento Ambiental.

El muestreo lo realizaremos el lunes 17 de Noviembre de 2014.

Por la atención que dé a la presente y a la espera de que nuestra solicitud sea acogida en los mejores términos, le reiteramos nuestra consideración.

Atentamente

Pablo Pazmiño Corral

Luis Hidalgo Tamayo

Quito, 21 de Noviembre de 2014

Señor

Miguel Ángel Romero

**ADMINISTRADOR PARQUE METROPOLITANO LAS CUADRAS**

En su despacho:

Pablo Andrés Pazmiño Corral, ecuatoriano, portador de la cédula 1720100161, Luis Hidalgo Tamayo, ecuatoriano, portador de la cédula 170658835-5 estudiantes de la Escuela Politécnica Nacional, de la Escuela de Formación de Tecnólogos de la carrera De Agua Y Saneamiento Ambiental, solicitan a usted nos autorice realizar un muestreo, medición y recolección de muestras para un análisis de parámetros físicos-químicos en el tramo del río que atraviesa el parque.

La información obtenida mediante esta actividad constituye un valioso insumo en la elaboración de nuestro proyecto de titulación previo a obtener el título de Tecnólogos en Agua Y Saneamiento Ambiental.

El muestreo lo realizaremos el viernes 21 de Noviembre de 2014.

Por la atención que dé a la presente y a la espera de que nuestra solicitud sea acogida en los mejores términos, le reiteramos nuestra consideración.

Atentamente

Pablo Pazmiño Corral

Luis Hidalgo Tamayo

Quito, 25 de Noviembre de 2014

Señor

Miguel Ángel Romero

**ADMINISTRADOR PARQUE METROPOLITANO LAS CUADRAS**

En su despacho:

Pablo Andrés Pazmiño Corral, ecuatoriano, portador de la cédula 1720100161, estudiante de la Escuela Politécnica Nacional, de la Escuela de Formación de Tecnólogos de la carrera De Agua y Saneamiento Ambiental, solicito a usted nos autorice realizar un muestreo, medición y recolección de muestras para un análisis de parámetros físicos-químicos en el tramo del río que atraviesa el parque.

La información obtenida mediante esta actividad constituye un valioso insumo en la elaboración de mi proyecto de titulación previo a obtener el título de Tecnólogo en Agua y Saneamiento Ambiental.

El muestreo se realizará el martes 25 de noviembre de 2014.

Por la atención que dé a la presente y a la espera de que mi solicitud sea acogida en los mejores términos, le reitero mi consideración.

Atentamente

Pablo Pazmiño



Quito, 28 de Noviembre de 2014

Señor

Miguel Ángel Romero

**ADMINISTRADOR PARQUE METROPOLITANO LAS CUADRAS**

En su despacho:

Pablo Andrés Pazmiño Corral, ecuatoriano, portador de la cédula 1720100161, estudiante de la Escuela Politécnica Nacional, de la Escuela de Formación de Tecnólogos de la carrera De Agua y Saneamiento Ambiental, solicito a usted me autorice realizar un muestreo, medición y recolección de muestras para un análisis de parámetros físicos-químicos en el tramo del río que atraviesa el parque.

La información obtenida mediante esta actividad constituye un valioso insumo en la elaboración de mi proyecto de titulación previo a obtener el título de Tecnólogo en Agua y Saneamiento Ambiental.

El muestreo se realizará el viernes 28 de noviembre de 2014.

Por la atención que dé a la presente y a la espera de que mi solicitud sea acogida en los mejores términos, le reitero mi consideración.

Atentamente

Pablo Pazmiño

Quito, 08 de Diciembre de 2014

Señor

Miguel Ángel Romero

**ADMINISTRADOR PARQUE METROPOLITANO LAS CUADRAS**

En su despacho:

Pablo Andrés Pazmiño Corral, ecuatoriano, portador de la cédula 1720100161, Luis Hidalgo Tamayo, ecuatoriano, portador de la cédula 170658835-5 estudiantes de la Escuela Politécnica Nacional, de la Escuela de Formación de Tecnólogos de la carrera De Agua Y Saneamiento Ambiental, solicitan a usted nos autorice realizar un muestreo, medición y recolección de muestras para un análisis de parámetros físicos-químicos en el tramo del río que atraviesa el parque.

La información obtenida mediante esta actividad constituye un valioso insumo en la elaboración de nuestro proyecto de titulación previo a obtener el título de Tecnólogos en Agua Y Saneamiento Ambiental.

El muestreo lo realizaremos el lunes 08 de diciembre de 2014.

Por la atención que dé a la presente y a la espera de que nuestra solicitud sea acogida en los mejores términos, le reiteramos nuestra consideración.

Atentamente

Pablo Pazmiño Corral

Luis Hidalgo Tamayo

Quito, 19 de Diciembre de 2014

Señor

Miguel Ángel Romero

**ADMINISTRADOR PARQUE METROPOLITANO LAS CUADRAS**

En su despacho:

Pablo Andrés Pazmiño Corral, ecuatoriano, portador de la cédula 1720100161, Luis Hidalgo Tamayo, ecuatoriano, portador de la cédula 170658835-5 estudiantes de la Escuela Politécnica Nacional, de la Escuela de Formación de Tecnólogos de la carrera De Agua Y Saneamiento Ambiental, solicitan a usted nos autorice realizar un muestreo, medición y recolección de muestras para un análisis de parámetros físicos-químicos en el tramo del río que atraviesa el parque.

La información obtenida mediante esta actividad constituye un valioso insumo en la elaboración de nuestro proyecto de titulación previo a obtener el título de Tecnólogos en Agua Y Saneamiento Ambiental.

El muestreo lo realizaremos el viernes 19 de diciembre de 2014.

Por la atención que dé a la presente y a la espera de que nuestra solicitud sea acogida en los mejores términos, le reiteramos nuestra consideración.

Atentamente

Pablo Pazmiño Corral

Luis Hidalgo Tamayo

**ANEXO 3. INFORME DE LOS RESULTADOS DE LAS  
MUESTRA DE AGUA ANALIZADAS EN EL LABORATORIO,  
(CICAM).**

# RESULTADOS DEL LABORATORIO

## AL INGRESO AL PARQUE LAS CUADRAS

### INFORME DE RESULTADOS

Quito, 8 de noviembre de 2013

#### EMPRESA

Solicitado por: LUIS HIDALGO

Atención:

Dirección: Puengasí

Identificación de la muestra (cliente): ninguna

Fecha de recolección: 28 de octubre de 2013

Responsable de toma de muestra: 1

No. IR131553

Ref. ST13335

Teléfono: 2320447

Fax:

Origen: agua del Río Machángara, al ingreso del Parque Las Cuadras

Tipo de muestra: puntual

Tipo de envase: plástico

Llegó refrigerada: no

Se utilizó preservante: no

#### LABORATORIO

Número de ingreso al laboratorio: M-1553

Fecha de ingreso al Laboratorio: 28 de octubre de 2013

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	***LÍMITE Alcantarillado	***LÍMITE Cauce de agua	FECHA DEL ANÁLISIS	PROCEDIMIENTO
*Demanda bioquímica de oxígeno DBO <sub>5</sub>	mg/L	141,6	120	70	30/10/2013	APHA 5210 B (PE/CICAM/06)
*Demanda química de oxígeno, DQO	mg/L	241	240	123	29/10/2013	APHA 5220 D (PE/CICAM/01)
Sólidos sedimentables	ml / L * h	0,3	10	1,0	05/11/2013	APHA 2540 F
*Tensoactivos (detergentes aniónicos)	mg/L	3,53	0,5	0,5	06/11/2013	APHA 5540 C Colorimétrico / Anionic Surfactants as MBAS (PE/CICAM/03)
Turbiedad	NTU	75,7			07/11/2013	APHA 2130 B Nefelométrico

NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO

\*El Centro de Investigaciones y Control Ambiental está acreditado por el OAE en estos parámetros.

## A LA SALIDA DEL PARQUE LAS CUADRAS

### INFORME DE RESULTADOS

Quito, 8 de noviembre de 2013

#### EMPRESA

Solicitado por: LUIS HIDALGO

Atención:

Dirección: Puengasí

Identificación de la muestra (cliente): ninguna

Fecha de recolección: 28 de octubre de 2013

Responsable de toma de muestra: 2

No. IR131552

Ref. ST13335

Teléfono: 2320447

Fax:

Origen: agua del Río Machángara, a la salida del Parque Las Cuadras

Tipo de muestra: puntual

Tipo de envase: plástico

Llegó refrigerada: no

Se utilizó preservante: no

#### LABORATORIO

Número de ingreso al laboratorio: M-1552

Fecha de ingreso al Laboratorio: 28 de octubre de 2013

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	***LÍMITE Alcantarillado	***LÍMITE Cauce de agua	FECHA DEL ANÁLISIS	PROCEDIMIENTO
*Demanda bioquímica de oxígeno DBO <sub>5</sub>	mg/L	174,7	120	70	30/10/2013	APHA 5210 B (PE/CICAM/06)
*Demanda química de oxígeno, DQO	mg/L	347	240	123	29/10/2013	APIA 5220 D (PE/CICAM/01)
Sólidos sedimentables	ml / L*h	0,8	10	1,0	05/11/2013	APHA 2540 F
*Tensoactivos (detergentes aniónicos)	mg/L	2,73	0,5	0,5	06/11/2013	APHA 5540 C Colorimétrico / Anionic Surfactants as MBAS (PE/CICAM/03)
Turbiedad	NTU	145			07/11/2013	APHA 2130 B Nefelométrico

NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO