

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK
Facultad de Ciencias Ambientales

Tesis de Grado previa a la obtención del Título de Ingeniero Ambiental

**MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIO CAONÍ EN EL
SECTOR DE PUERTO QUITO - PROVINCIA DE PICHINCHA.**

Autor:

Carlos Andrés Belmonte Viteri

Director de Tesis:

Dr. Carlos Ordoñez

Quito - Ecuador
2009

Dedico mi tesis de grado a mi esposa e hijos por respaldarme en cada momento, a mi hermano por ser un ejemplo en mi vida y en especial a las dos personas que nunca dejaron de creer en mi, siempre me apoyaron queriendo lo mejor para mi, papi y mami (William y Anita) les dedico de corazón mi entrega y esfuerzo reflejado en este trabajo, que gracias a ustedes lo pude realizar.

Agradezco a Dios por brindarme sus bendiciones día a día.

Agradezco a mis padres (William y Anita) y a mi hermano (Guillermo) por ser los pilares fundamentales en mi vida y en especial les agradezco por ayudarme a lograr mis sueños.

Agradezco a mi esposa Daniela por la paciencia y cariño durante todo este tiempo y a mis hijos Edu y Nico, por llenarme de alegría el cual ha sido mi fortaleza para seguir adelante en todo momento.

Agradezco a Jaime y Martha por la ayuda que me brindaron para el desarrollo de la tesis, ya que sin su ayuda difícilmente podría haber llegado a mi objetivo.

Agradezco al doctor Carlos Ordoñez por su ayuda y dedicación durante mi carrera universitaria y en la realización del presente trabajo.

Resumen.-

El monitoreo de la calidad del agua es una importante herramienta para detectar su nivel de contaminación; en el presente estudio se monitorearon cinco puntos del río Caoní del Cantón Puerto Quito, durante dos períodos (año 2008 y 2009), en los cuales se tomaron muestras para su análisis tanto en laboratorios como en el sitio.

Con los datos obtenidos se realizó un cálculo del índice de calidad para identificar el deterioro o mejora del agua, pudiendo observar que con el paso del tiempo la calidad de agua disminuyó, evidenciando el aumento de la actividad contaminante en las estaciones de muestreo.

Summary.-

Water quality monitoring is an important tool to detect the level of contamination. The current study focuses on monitoring five locations in the Caoni River, Canton Puerto Quito, during two consecutive periods (year 2008 and 2009). At these locations, samples were taken in order to perform an in-situ and laboratory analysis.

The index of quality was calculated from the collected data in order to determine if the quality of water deteriorated during the observation time. Evidence was found to conclude that the pollutant activity had increased in the sampling stations.

Palabras Claves (Descriptores).-

- Monitoreo.
- Muestreo de agua.
- Calidad de agua.
- Índice de Calidad.
- Parámetros.
- Río.
- Estaciones de Muestreo.

Key Words.-

- Monitoring.
- Water Sampling.
- Water quality.
- Quality index.
- Parameter.
- River.
- Sampling stations.

INDICE

Capitulo I

1. Introducción.....	8
1.1 Objetivos del Estudio.....	12
1.3.1 Objetivo General.....	12
1.3.2 Objetivos Especificos.....	12

Capitulo II

2. Marco Teórico.....	13
2.1 Monitoreo de Agua.....	14
2.1.1 Indicadores Necesarios para un Plan de Monitoreo.....	15
2.2 Tipos de Contaminación.....	15
2.2.1 Contaminación Accidental o Eventual.....	15
2.2.2 Contaminación Rutinaria.....	16
2.3 Índice de Calidad.....	16
2.3.1 Evaluación Utilizada en el ICA.....	17
2.4 Definiciones.....	19
2.4.1 Río.....	19
2.4.2 Caudal.....	20
2.4.3 Cauce.....	21
2.4.4 Régimen Fluvial.....	21
2.4.5 Cuenca.....	21
2.4.6 Curso de los Ríos.....	22
2.4.7 Curso Superior.....	22
2.4.8 Curso Medio.....	22
2.4.9 Curso Inferior.....	22
2.4.10 Acción Erosiva de los ríos.....	23
2.4.11 Agua Potable.....	23
2.4.12 Calidad del Agua.....	24
2.4.13 Contaminación del Agua.....	24
2.4.14 Parámetro Físico-Químico-Biológico.....	25
2.5 Marco Legal.....	31
2.5.1 Parámetros Físicos.....	32
2.5.2 Parámetros Químicos.....	32
2.5.3 Parámetros Biológicos.....	33
2.5.4 Responsables.....	33

Capitulo III

3. Metodología.....	35
3.1 Ubicación Geográfica de los puntos de Muestreo.....	35
3.1.1 Estaciones de Muestreo.....	35
3.2 Plan de Muestreo.....	36
3.3 Características de las muestras de Agua.....	37
3.3.1 Equipo y Material de Muestreo.....	37
3.3.2 Parámetros de control analizados.....	37
3.3.3 Preservación y almacenamiento de la Muestra.....	38
3.3.4 Análisis de Laboratorio.....	38

Capitulo IV	
4. Resultados.....	39
4.1 Caracterización del agua del Río.....	39
4.1.1 Condiciones Climáticas.....	40
4.2 Análisis de Resultados.....	43
4.2.1 Gráficos de comparación con parámetros en función del tiempo.....	43
4.3 Cálculo del Índice de Calidad.....	57
Capitulo V	
5. Discusión de Resultados.....	60
5.1. Calidad del Agua.....	60
5.3. Índices de Calidad Calculados.....	63
Capitulo VI	
6. Conclusiones y Recomendaciones.....	66
6.1. Conclusiones.....	66
6.2. Recomendaciones.....	67
Anexos.....	69
Bibliografía.....	80

CAPITULO I

INTRODUCCION.-

El agua es fundamental para todas las formas de vida, lo que la convierte en uno de los recursos esenciales de la naturaleza. El volumen del agua en el mundo se expresa mediante una cifra de gran importancia: 1.360 millones de km³, es decir 1.360 trillones de litros. Si dividimos esta cifra por cada ser humano, le correspondería a cada uno 250.000 millones de litros. Bajo estas perspectivas, el agua aparece como un recurso prácticamente ilimitado. Sin embargo, de esa enorme masa líquida, sólo el 3% es dulce y la mitad de ella es potable.

La contaminación ya es una actividad típica del "progreso" humano, cualquier paso hacia adelante trae un paso hacia atrás para el afectado ambiente. Todo lo que hacemos trae una consecuencia, y en el caso del hombre es negativa en varias ocasiones.

Las personas contaminan, a veces, sin percatarse de lo que hacen, sólo interesa los beneficios que les proporciona a sí mismos, que inevitablemente son afectados por la contaminación. El contaminar es extremadamente peligroso para cualquier ser vivo, y tarde o temprano estaremos todos en la lista de afectados por la inconsciente forma de pensar de nuestra gente.

El conocimiento de la factibilidad de uso y la calidad del agua, son factores importantes para un alto bienestar y progreso de un país, pero esto exclusivamente no está en manos del tipo de suelo, clima, técnicas de riego y caudales, sino también en forma fundamental de la calidad físico-química del agua del cual se necesita.

La gestión y la prestación de servicios esenciales de agua y saneamiento en áreas urbanas y rurales han cobrado una importancia creciente en América Latina en las últimas dos décadas.

A pesar de los avances realizados en la región para expandir y mejorar los servicios públicos de agua y saneamiento, la falta de acceso a estos servicios esenciales sigue siendo uno de los principales obstáculos al desarrollo y constituye uno de los factores

principales de la desigualdad social y económica que caracteriza a nuestros países en el contexto internacional.

El agua es un recurso limitado y no siempre disponible en el lugar en que se requiere, por lo que adquiere cada vez mayor importancia. En el futuro la demanda crecerá a medida que la población aumente y a causa de la expansión económica. Al mismo tiempo los recursos de agua permanecerán estables en términos de la cantidad disponible, pero decrecerá la cantidad que se puede usar debido al deterioro de las cuencas hidrográficas, producto de la erosión, y al deterioro de la calidad causada por la contaminación (GWP, 2000)¹.

Los recursos hidrológicos sufren por la contaminación que el mismo hombre genera y que se tiene la responsabilidad de cuidar los recursos hídricos de manera conjunta, pues el agua es un recurso indispensable para todos.

El estudio del agua muestra que el planeta Tierra no podría existir de la forma en que lo conocemos si no se tuviera la presencia del agua. Analizar la composición y propiedades actuales del agua permite conocer a fondo qué es en realidad el agua y encontrar su pureza y calidad, para que se pueda determinar si es apta para consumo humano o el grado de contaminación que tiene y los usos que se le puede dar.

El agua es un beneficio para todos y de igual manera la responsabilidad de cuidarla y darle un buen uso es responsabilidad de todos.

Debido al intenso uso del agua por parte del ser humano y a su sensibilidad frente a las acciones antrópicas directas e indirectas, los ríos presentan un alto grado de degradación ambiental.

En el Ecuador existen mínimos estudios de calidad del agua de los ríos, conociéndose muy poco sobre la contaminación doméstica que soportan los cursos de agua y casi nada sobre contaminación por productos químicos e industriales.

¹ <http://www.cepis.ops-oms.org/eswww/fulltext/repind48/uso/uso.html>

Por tanto, para identificar la calidad de agua del río Caoní en el centro poblado de la localidad de Puerto Quito en la provincia de Pichincha, se llevó a cabo el monitoreo y análisis físico-químico y biológico del agua del río, durante dos períodos (2008 y 2009), evaluando el grado de contaminación y estableciendo un plan de monitoreo a futuro en beneficio de la población para la conservación del recurso agua en condiciones ambientalmente aceptables.

El Río Caoní es afluente del Río Blanco, nace en la zona de San Miguel de Los Bancos por lo que es muy pedregoso, aunque sus aguas apacibles y vigorizantes se mantienen claras, haciendo posible actividades recreativas.

Este río es un balneario muy concurrido, especialmente los fines de semana, que recibe la visita de gente de los pueblos aledaños al cantón.

La orilla derecha del río se encuentra cubierta de árboles y se levanta apenas dos metros de río. Por otra parte, la orilla izquierda del río, también está cubierta de árboles de chisparo y guayacán.

En algunas partes del río Caoní se han observado aves pocas comunes como: el timatú pequeño, cormorán neotropical, águila pescadora, periquito del pacífico, entre otros.²

Muy cerca del río se encuentra un bosque privado de cinco hectáreas. Parte de éste se encuentra a orillas del río Caoní, en donde crecen árboles de sande, que alcanza 36 metros de alto aproximadamente, sus hojas son medicinales. También crece el guayacán, esta especie llega a los 300 metros sobre el nivel del mar.

El área de estudio se encuentra en el Cantón Puerto Quito, de la provincia de Pichincha, ubicada en la zona norte del país.

Como en toda área poblada, la actividad humana tendiente a satisfacer necesidades, esta ligada con impactos al ambiente, muchos negativos, este problema se agrava debido al acelerado crecimiento de la población y concentración en áreas urbanas.

² <http://www.puertoquito.gov.ec/atractivoturistico.html>

En el Cantón no existe una verdadera conciencia ambiental y a su vez existe mucho desconocimiento de los efectos que podría traer las actividades que alteran el ecosistema del sector.

Es por eso que el presente estudio se referirá a los elementos extraños que se tiene en las aguas del río por la variada actividad de la zona.

1.1 Objetivos del Estudio.-

1.1.1 Objetivo General.-

Realizar el monitoreo de la calidad de las aguas en base a la caracterización físico-química de muestras de aguas en distintos puntos de muestreo, para evaluar el grado actual de contaminación en el que se encuentran las aguas del río Caoní en el sector de Puerto Quito, en la Provincia de Pichincha.

1.1.2 Objetivos Específicos.-

- a) Delimitar la zona de estudio y establecer los diferentes puntos de muestreo de las aguas a lo largo del trayecto del río Caoní en la jurisdicción del cantón Puerto Quito.
- b) Realizar muestreos de aguas, midiendo parámetros “in situ”, y colectando muestras para enviar al Laboratorio y analizar sus componentes químicos.
- c) Realizar una comparación entre los valores encontrados de la calidad de agua con los valores presentes en la legislación vigente, para evaluar el estado de contaminación real del río.
- d) Comparar la calidad del agua del río Caoní en los períodos de muestreo del 2008 y 2009.
- e) Calcular los índices de calidad de agua para los diferentes parámetros considerados y comparar su variación en el tiempo.

CAPITULO II

2. MARCO TEORICO.-

El elemento fundamental de este trabajo es el agua por lo que, es necesario conocer sus características fundamentales.

El agua es un compuesto químico formado por la combinación de dos volúmenes de hidrógeno y un volumen de oxígeno (H_2O), que constituye el componente más abundante en la superficie terrestre.

Es la única sustancia que a temperaturas ordinarias existe en los tres estados de la materia: sólido, líquido y gaseoso.

El agua es un líquido inodoro e insípido. Tiene un cierto color azul cuando se concentra en grandes masa. A la presión atmosférica (760 mm Hg), el punto de fusión del agua pura es de $0^{\circ}C$ y el punto de ebullición es de $100^{\circ}C$.

Su capacidad calorífica es superior a la de cualquier otro líquido o sólido, siendo su calor específico de 1 cal/g, esto significa que una masa de agua puede absorber o desprender grandes cantidades de calor, sin experimentar apenas cambios de temperatura, lo que tiene gran influencia en el clima.

El agua es el compuesto químico más familiar para nosotros, el más abundante y el de mayor significación para nuestra vida. Su excepcional importancia, desde el punto de vista químico, reside en que casi la totalidad de los procesos químicos que ocurren en la naturaleza, no solo en organismos vivos, sino también en la superficie no organizada de la tierra, así como los que se llevan a cabo en el laboratorio y en la industria, tienen lugar entre sustancias disueltas en agua, esto es en disolución.

No posee propiedades ácidas ni básicas, combina con ciertas sales para formar hidratos, reacciona con los óxidos de metales formando ácidos y actúa como catalizador en muchas reacciones químicas.

La molécula de agua libre y aislada, formada por un átomo de Oxígeno unido a otros dos átomos de Hidrógeno es triangular. El ángulo de los dos enlaces (H-O-H) es de 104,5° y la distancia de enlace O-H es de 0,96 Å. Puede considerarse que el enlace en la molécula es covalente, con una cierta participación del enlace iónico debido a la electronegatividad entre los átomos que la forman.³

2.1. Monitoreo del Agua.-

El monitoreo del agua es un proceso de seguimiento de las condiciones de calidad y de cantidad de este recurso en cualquiera de los ambientes en que esté presente, durante un tiempo definido o indefinido y en un área específica.

Este proceso de monitoreo conlleva al concepto de plan, ya que es este un conjunto de actividades relativas a la recolección de datos diseñados y procesados para lograr un objetivo único.

Con esto, podemos decir que el concepto de plan de monitoreo inicia con la identificación del objetivo del monitoreo, sintetizado en forma general en:

- Seguimiento del recurso.
- Control y vigilancia.

En una forma simultánea este objetivo debe estar asociado a los ambientes en los cuales se encuentra presente el recurso hídrico.

Cuando se tiene un plan de monitoreo para conocer las diferentes características o comportamiento y hacer seguimiento al estado del recurso hídrico, entonces se debe considerar criterios técnicos para la selección de sitio.

Cuando el monitoreo se basa en control y vigilancia las estaciones deben estar ubicadas donde se localiza algún tipo de proyecto que hace uso del agua en estudio.

Una vez identificados los sitios, la frecuencia y el horario de muestreo, facilitará la organización de las observaciones en el tiempo y por exactitud de información

³ **Curtis H, 2001.** *Biología*, España

requerida. Es por eso que cuando las condiciones o características del recurso cambian rápidamente los muestreos deben ser mas frecuentes y así tener un registro válido.

2.1.1. Indicadores necesarios para un Plan de Monitoreo.-

En el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS), Libro VI, Anexo 1, Numeral 4.2.3.11, se reconoce a los municipios como entidades encargadas autorizadas para ejecutar monitoreos sobre la calidad de los cuerpos de agua ubicados en su jurisdicción, llevando información correspondientes a través de registros, los cuales permiten establecer una línea base y de fondo que facilita reajustar límites establecidos en la norma.

La necesidad de realizar monitoreos a cuerpos de agua, para establecer una comparación que permita a los involucrados en el manejo, vigilancia y control del recurso hídrico, disponer de información importante de fácil interpretación, los cuales son los motivantes para que en una guía sencilla den cuenta de cambios que se produce en recurso de agua.

Para el presente caso, la selección de parámetros se efectuó luego de la revisión de la normativa ambiental vigente (TULAS) en el Ecuador, además de que los indicadores sean fáciles de identificar a través de variables con metodologías estándar y que los datos tengan seguridad en el programa de control de calidad.

2.2. Tipos de Contaminación:

Las aguas superficiales pueden ser afectadas por dos grupos de factores contaminantes en función de las características de su ocurrencia.

2.2.1. Contaminación Accidental o Eventual:

Este tipo de contaminación es causada por un derrame de gran magnitud, cuya duración puede ser horas o días, como resultado de un accidente o acto deliberado de contaminación

2.2.2. Contaminación Rutinaria:

Es causada por continuos derrames provenientes de actividades contaminantes, las cuales generan aguas residuales no tratadas. Los programas rutinarios de monitoreo de calidad de las aguas llevan específicamente a detectar este tipo de contaminación dando valiosa ayuda a los programas de control de contaminación de las aguas.

2.3. Índice Calidad:

El Índice de Calidad del Agua (ICA) indica el grado de contaminación del agua a la fecha del muestreo y está expresado como un valor del agua pura; así, agua altamente contaminada tendrá un ICA cercano o igual a cero, en tanto que en el agua en excelentes condiciones el valor del índice será cercano o igual a 100.

El ICA, como forma de agrupación simplificada de algunos parámetros, indicadores de un deterioro en calidad del agua, es una manera de comunicar y evaluar la calidad de los cuerpos de agua. Sin embargo, para que dicho índice sea práctico debe reducir la enorme cantidad de parámetros a una forma más simple, y durante el proceso de simplificación algo de información se sacrifica. Por otro lado si el diseño del ICA es adecuado, el valor arrojado puede ser representativo e indicativo del nivel de contaminación y comparable con otros para enmarcar rangos y detectar tendencias.

Se utilizó el método que se consideró más adaptable a la situación de nuestro país, La evaluación del ICA, con técnicas multiplicativas y ponderadas con la asignación de pesos específicos, basados en la legislación ambiental ecuatoriana vigente, obteniéndose a partir de:

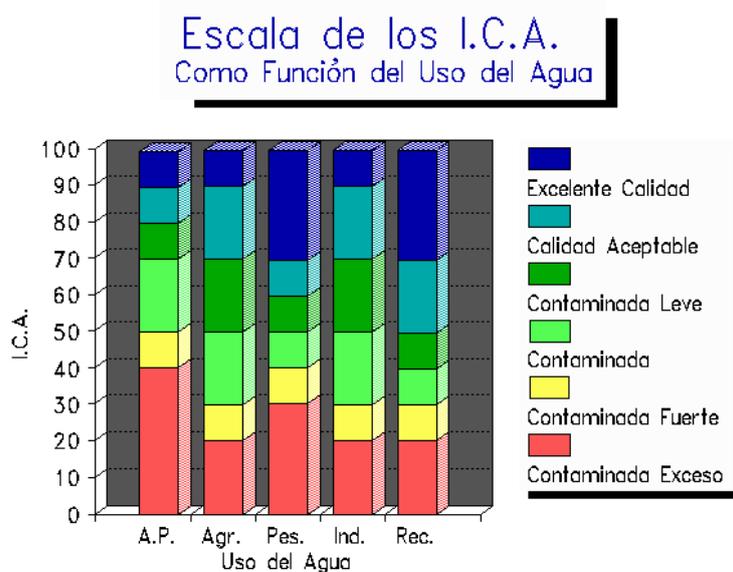
$$WQI = \sum SI_i W_i^4$$

Donde W_i son los pesos específicos asignados a cada parámetro (i), y ponderados entre 0 y 1, de tal forma que se cumpla que la sumatoria sea igual a uno. SI_i es la calidad del parámetro (i), en función de su concentración y cuya calificación oscila entre 0 y 100, WQI representa al índice de calidad del agua.

⁴ National Sanitation Foundation (NSF), 1980; *Water Quality Index*, Estados Unidos

Finalmente el índice que arroja la ecuación es un número entre 0 y 100 que califica la calidad, a partir del cual y en función del uso del agua, permite estimar el nivel de contaminación. En la figura 1 se muestran los rangos de calificación del ICA en función del uso del agua.

Figura No. 1 Escala de calificación del Índice de Calidad



León Luis, 1995

2.3.1. Evaluación Utilizando el ICA:⁵

En relación al valor numérico del ICA, este no representa más que una posibilidad de comparación si se es consistente en su cálculo. Con la idea de tener criterios generales, a continuación se presentan algunos lineamientos arrojados por el panel de expertos, Dinius (1987). Asociado al valor numérico del ICA se definen 6 rangos de estado de calidad del agua: (E) Excelente; (A) Aceptable; (LC) Levemente Contaminada; (C) Contaminada; (FC) Fuertemente Contaminada y (EC) Excesivamente Contaminada.

En función de esta clasificación se establecieron los criterios que a continuación se presentan, dependiendo del uso al que se destina el agua indicándose las medidas o límites aconsejables.

⁵ León L, 1995; ICA forma de estimarlos y su aplicación, México

- ***Uso como Agua Potable***

90-100 E - No requiere purificación para consumo.

80-90 A - Purificación menor requerida.

70-80 LC- Dudoso su consumo sin purificación.

50-70 C - Tratamiento potabilizador necesario.

40-50 FC- Dudosa para consumo.

0-40 EC- Inaceptable para consumo.

- ***Uso en Agricultura***

90-100 E - No requiere purificación para riego.

70-90 A - Purificación menor para cultivos que requieran de alta calidad de agua.

50-70 LC- Utilizable en mayoría de cultivos.

30-50 C - Tratamiento requerido para la mayoría de los cultivos.

20-30 FC- Uso solo en cultivos muy resistentes.

0-20 EC- Inaceptable para riego.

- ***Uso en Pesca y Vida Acuática***

70-100 E - Pesca y vida acuática abundante.

60-70 A - Límite para peces muy sensitivos.

50-60 LC- Dudosa la pesca sin riesgos de salud.

40-50 C - Vida acuática limitada a especies muy resistentes.

30-40 FC- Inaceptable para actividad pesquera.

0-30 EC- Inaceptable para vida acuática.

- ***Uso Industrial***

90-100 E - No se requiere purificación.

70-90 A - Purificación para industrias que requieran alta calidad de agua para operación.

50-70 LC- No requiere tratamiento para mayoría de industrias de operación normal.

30-50 C - Tratamiento para mayoría de usos.

20-30 FC- Uso restringido en actividades burdas.

0-20 EC- Inaceptable para cualquier industria.

- **Uso Recreativo**

70-100 E - Cualquier tipo de deporte acuático.

50-70 A - Restringir deportes de inmersión, precaución al ingerir por posible presencia de bacterias.

40-50 LC- Dudosa para contacto con el agua.

30-40 C - Evitar contacto, sólo con lanchas.

20-30 FC- Contaminación visible, evitar cercanía

0-20 EC- Inaceptable para recreación.

Un aspecto que se considera importante, es la posible escasez de datos completos en un monitoreo, por lo que en la metodología de estimación del ICA se considera que al faltar el valor de alguno de los parámetros, su peso específico se reparte en forma proporcional entre los restantes, excluyéndolo del operador multiplicativo en el momento de estimar el ICA.

2.4. Definiciones.-

2.4.1. Río:

Corriente permanente de agua que recolecta las aguas de los distintos tipos de precipitaciones que caen sobre la superficie terrestre, así también como el agua que nace en manantiales o que procede del deshielo de glaciares y nevados.⁶

Se considera el nacimiento de un río a las fuentes situadas a una distancia mayor de la desembocadura, de la que nace el río originario más largo. Si existen varios ríos originarios con igual longitud, se usa un segundo criterio de selección, consistente en comparar los caudales.

Posee un caudal determinado y desemboca en el mar, en un lago o en otro río, en cuyo caso se denomina afluente. La parte final de un río es su desembocadura. Algunas veces terminan en zonas desérticas donde sus aguas se pierden por infiltración y evaporación.

⁶ <http://www.ciencia.glosario.net/medio-ambiente-acuatico>

2.4.2. Caudal:⁷

Es la cantidad de fluido que pasa por determinado elemento en la unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo. Menos frecuentemente, se identifica con el flujo másico o masa que pasa por un área dada en la unidad de tiempo.

El caudal de un río puede calcularse a través de la siguiente fórmula:

$$Q = A \bar{v}$$

Donde

- $Q =$ Caudal; (m^3/s)
- $A =$ Área (m^2)
- $\bar{v} =$ Velocidad lineal promedio. (m/s)

Dada una sección de área A atravesada por un fluido con velocidad uniforme v , si esta velocidad forma con la perpendicular a la superficie A un ángulo θ , entonces el flujo se calcula como:

$$\phi = A \cdot v \cdot \cos \theta.$$

En el caso particular de que el flujo sea perpendicular al área A ($\theta = 0$ y $\cos \theta = 1$) entonces:

$$\phi = A \cdot v.$$

Si la velocidad del fluido no es uniforme o si el área no es plana, el flujo debe calcularse por medio de una integral:

$$\phi = \iint_S \mathbf{v} \cdot d\mathbf{S}$$

Donde $d\mathbf{S}$ es el vector superficie, que se define como:

$$d\mathbf{S} = \mathbf{n} dA,$$

⁷ <http://www.wikipedia.org/wiki/caudal>

Donde \mathbf{n} es el vector unitario normal a la superficie y dA un elemento diferencial de área.

Si se tiene una superficie S que encierra un volumen V , el teorema de la divergencia establece que el flujo a través de la superficie es la integral de la divergencia de la velocidad \mathbf{v} en ese volumen:

$$\iint_S \mathbf{v} \cdot d\mathbf{S} = \iiint_V (\nabla \cdot \mathbf{v}) dV.$$

2.4.3. Cauce:

El cauce (también llamado lecho fluvial) es la parte del fondo de un valle por donde corren las aguas de un curso, es el límite físico normal de un flujo de agua, siendo sus confines laterales las riberas.

2.4.4. Régimen Fluvial:

Se considera que el régimen fluvial es el comportamiento del caudal de agua en promedio que lleva un río en cada mes a lo largo del año. Depende, del régimen de precipitaciones, pero también de la temperatura de la cuenca (que determina la mayor o menor evaporación), del relieve, la geología, la vegetación y la acción humana.

2.4.5. Cuenca:

"Cuenca hidrográfica" tiene un sentido más amplio, siendo una parte de la superficie terrestre cuyas aguas fluyen hacia un mismo río o lago.

Se entiende por "cuenca hidrográfica" la porción de territorio drenada por un único sistema de drenaje natural. Una cuenca hidrográfica se define por la sección del río al cual se hace referencia y es delimitada por la línea de las cumbres, también llamada "divisor de aguas hidrológicos".⁸

⁸ http://www.wikipedia.org/wiki/Cuenca_hidrográfica

2.4.6. Curso de los ríos:

Los ríos nacen en manantiales a partir de aguas subterráneas que salen a la superficie o en lugares en los que se funden los glaciares. A partir de su nacimiento siguen la pendiente del terreno hasta llegar al mar. Un río con sus afluentes drena una zona llamada "cuenca hidrográfica".

2.4.7. Curso Superior:

Es la parte de los ríos que coincide con las áreas montañosas de una cuenca determinada. Aquí, el potencial erosivo es mucho mayor y los ríos suelen formar valles en V al encajarse en el relieve. Algunas veces, cuando esta parte de un río se encuentra en regiones de montaña de clima seco pueden denominarse barrancos, ramblas o torrentes.

2.4.8. Curso medio:

En el curso medio de un río suelen alternarse las áreas o zonas donde el río erosiona y donde deposita parte de sus sedimentos, lo cual se debe, principalmente, a las fluctuaciones de la pendiente y a la influencia que reciben con respecto al caudal y sedimentos de sus afluentes. A lo largo del curso medio, la sección transversal del río habitualmente se suaviza, tomando forma de cubeta seccionada en lugar de la forma de V que prevalece en el curso superior. A lo largo del curso medio, el río sigue teniendo la suficiente energía como para mantener un curso aproximadamente recto, excepto que haya obstáculos excepcionalmente resistentes.

2.4.9. Curso inferior:

En las partes en donde el río fluye en áreas relativamente planas, suele formar espiras: establece curvas regulares, pudiendo llegar a formar lagos en herradura. Al fluir el río, acarrea grandes cantidades de sedimentos, los que pueden dar origen a islas sedimentarias, llamadas deltas y también puede ocasionar la elevación del cauce por encima del nivel de la llanura, por lo que muchos ríos suelen discurrir paralelos al mismo por no poder desembocar por la mayor elevación del río principal.

Las aguas que discurren por la superficie de las tierras emergidas son muy importantes para los seres vivos, a pesar de que suponen una ínfima parte del total de agua que hay en el planeta. Su importancia reside en la proporción de sales que llevan disueltas, muy pequeña en comparación con las aguas marinas. Por eso decimos que se trata de agua dulce.

2.4.10. Acción erosiva de los ríos

La erosión debida a las aguas corrientes sigue las mismas etapas en que se divide de forma natural el curso de un río. Hay una primera etapa en que la erosión mecánica provocada por el agua y los materiales que arrastra es muy intensa en el curso alto del río. En la segunda etapa, de transporte, la erosión mecánica sigue activa pero empieza a actuar la erosión química. Esta tiene lugar en el curso medio. Finalmente, en el curso bajo predomina la sedimentación de los materiales transportados, la acción mecánica se reduce muchísimo y prácticamente sólo actúa la erosión química.

La acción erosiva de un río se debe a la energía del agua. Es capaz de arrancar trozos de roca que, al ser arrastrados por la corriente, actúan como un martillo sobre el cauce del río, desprendiendo nuevos fragmentos. Como el cauce no es regular, se suelen producir remolinos que arrastran arenas y gravas, puliendo el fondo del río y creando cavidades. Otras veces, la pendiente elevada hace que el agua forme saltos, cascadas o cataratas. La zona de salto retrocede gradualmente aguas arriba a medida que se desgasta. En otros casos, cuando el curso se encuentra con grandes obstáculos, el agua "busca" las zonas más frágiles, las desgasta y forma desfiladeros o cañones.

En terrenos calcáreos es frecuente la aparición de cuevas subterráneas causadas por la erosión química del agua, que transforma el carbonato insoluble en bicarbonato soluble.

2.4.11. Agua Potable:

Se entiende por agua potable la que es apta para beber y para los demás usos domésticos. Esta debe ser límpida e inodora, fresca y agradable. Debe contener algunos gases, especialmente aire y sales disueltas en pequeñas cantidades. No debe poseer materias orgánicas, gérmenes patógenos ni sustancias químicas.

2.4.12. Calidad del Agua:⁹

El término es relativo, referido a la composición del agua en la medida en que esta es afectada por la concentración de sustancias producidas por procesos naturales y actividades humanas.

Como tal, es un término neutral que no puede ser clasificado como bueno o malo sin hacer referencia al uso que va a tener el líquido.

Tomando en cuenta lo anterior, tanto los criterios como los estándares y objetivos de calidad de agua variarán dependiendo de si se trata de agua para consumo humano, para uso agrícola o industrial, para recreación, para mantener la calidad ambiental, etc.

2.4.13. Contaminación del Agua:

Los problemas del agua se centran tanto en la calidad como en la cantidad. La comunidad debe conocer la importancia de la "calidad" de la misma, y esa misma comunidad de encargarse de su cuidado y preservación.

Los primeros en contaminar las aguas son los pesticidas, llevados hasta los ríos por la lluvia y la erosión del suelo, cuyo polvo va hacia los ríos o el mar y los contamina. Además, los campos pierden fertilidad por abuso de las técnicas agrícolas. La sal acarreada en el invierno desde las rutas hasta los ríos es otro factor degradante. Lo mismo que los diques y las represas, que "barren" amplias franjas de cultivo. La agricultura da cuenta de alrededor del 70% del uso global del agua.¹⁰

Si bien las naciones industrializadas han tenido bastante éxito en el control de la contaminación proveniente de industrias, siguen teniendo problemas con la escorrentía en las tierras de cultivos y con las aguas que fluyen de los centros urbanos cargadas con todos tipos de elementos.

⁹ **Fernández N, 2007;** *Índices de Calidad y de Contaminación del agua de Importancia Mundial.*

¹⁰ **Gerard K, 1999.** *Ingeniería Ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión.*

La materia orgánica proveniente de aguas residuales, agricultura y en menor cantidad de la industria, al encontrarse con el oxígeno, esta se descompone por intervención de bacterias, lo cual afecta gravemente la concentración de oxígeno en el agua. Esto provoca la proliferación de bacterias anaeróbicas, las cuales liberan sulfato de hidrógeno, metano y amoníaco al oxidar compuestos orgánicos sin presencia de oxígeno.

El vertido de aguas residuales con alta carga orgánica en cuerpos fluviales se evidencia con la disminución de los niveles de oxígeno. Este déficit variará según parámetros como temperatura, la dilución del efluente, el grado de aireación del río, la DBO del vertido, entre otros.

La restitución de los niveles anteriores de oxígeno se verá favorecidos por la dilución del efluente, la descomposición de la materia orgánica de éste, la reoxigenación del río aguas abajo y los organismos presentes en él.

2.4.14. Parámetros Físico – Químicos y Biológicos

Los parámetros son datos de evaluación y control de la calidad de agua, estos facilitan la determinación de características presentadas por el cuerpo de agua analizada, las cuales van normalmente asociadas a tratamientos de aguas alteradas o contaminadas.

Parámetros Físicos

Temperatura

Es un parámetro fundamental en el análisis de aguas, especialmente en aguas superficiales (ríos, lagos, lagunas, etc), esto se debe a que este factor actúa casi sobre la totalidad de las reacciones químicas producidas en el agua, y a su vez tiene un gran alcance sobre la solubilidad de los gases.

Sólidos Totales

Se la reconoce como la materia residual de la evaporación (100° C aproximadamente), los cuales están constituidos de material flotante, material coloidal, material en suspensión y minerales.

El origen de estos materiales puede ser orgánico e inorgánico.

Parámetros Químicos

pH

El pH está relacionado con la concentración de iones hidrógeno y la actividad de este ion. Al pH se lo define como:

$$pH = -\log[H^+]$$

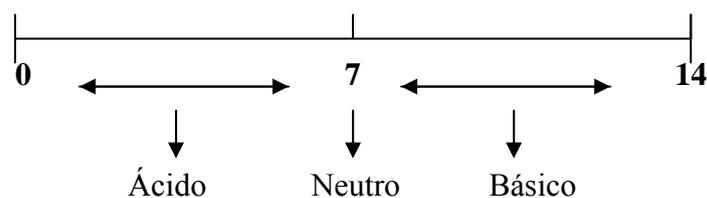
El agua (H₂O) se encuentra disociada en protones (H⁺) e iones hidroxilo (OH⁻). El producto de la concentración de estas especies está relacionado por una constante de equilibrio Kw:

$$[H^+][OH^-] = K_w = 10^{-14}$$

Es decir que, el pH en condiciones neutras o normales es igual a 7. De la misma forma cuando el agua esté totalmente disociado en protones el pH tendrá un valor de 0 y cuando tenga un valor de 14 será cuando esté totalmente disociado en OH⁻.

Entonces la Fig. 2, nos indica que, al tener un pH menor de 7 se presenta un agua ácida y en cambio se dice que es básica si se tiene un pH mayor a 7, tomando en cuenta que 7 es neutro absoluto a 25°C.

Figura No. 2 Representación de escala pH



Alcalinidad

La alcalinidad del agua es la suma de las concentraciones de los iones carbonato (CO_3^{2-}), bicarbonato (HCO_3^-) e hidróxidos (OH^-) siendo estos últimos despreciables frente al resto.

Estas especies producen en el agua un efecto tampón ya que absorben protones manteniendo el pH en un valor estable. Esta característica es importante en tratamientos químicos de aguas residuales, ya que, mantienen el valor de pH a un nivel constante y estable frente a posibles variaciones en el medio.

Conductividad

Es una medida de la capacidad que tiene el agua para conducir la corriente eléctrica. La conductividad está relacionada por un parámetro llamado fuerza iónica que viene determinado por la concentración y la carga de cada ión presente en el agua.

Esta se debe al movimiento constante de los iones de las impurezas presentes en el cuerpo de agua.

Los valores de conductividad vienen expresados normalmente en $\mu\text{S}/\text{cm}$. (microsiemens por centímetro).

Dureza

La dureza representa una medida de la cantidad de metales en el agua, fundamentalmente Calcio (Ca) y Magnesio (Mg) provenientes de la disolución de rocas y minerales, que son mayores mientras más elevada sea la acidez del agua.

A la dureza se la puede expresar en ppm o mg/L de CaCO_3 (Carbonato de Calcio). En función de este estado de mineralización, se utiliza normalmente para la caracterización de las aguas tres clases de durezas: Dureza cálcica, dureza magnésica y dureza total.

Detergentes

Las sustancias tensoactivas sintéticas conocidas como detergentes, son los causantes de la producción de espuma en el agua. En la antigüedad se utilizaba detergentes no biodegradables también conocidos como BAS (Bencenalquisulfonatos) los cuales llegaban a formar parte del agua y esto provocó serios problemas.

En la actualidad se utiliza detergentes llamados lineales que son en base a LAS (Sulfonato Alquilo Lineal) los cuales son biodegradables, lo que quiere decir que pueden ser atacados por microorganismos para su descomposición.

Demanda Bioquímica de Oxígeno

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) es la encargada de determinar la cantidad de oxígeno que los microorganismos requieren para la oxidación de la materia orgánica. Es comparable con la DQO y la DTO, pero se diferencia en que este tipo de análisis lo que se mide es la materia orgánica susceptible de degradarse biológicamente.¹¹

Frecuentemente en los análisis que se realiza se presente el nombre de DBO₅ el cual nos indica que el análisis va a encontrarse en un periodo de incubación de 5 días.

Demanda Química de Oxígeno

La Demanda Química de Oxígeno (DQO) es el parámetro que mide la cantidad de materia orgánica susceptible de ser oxidada por factores químicos que se presentan en una muestra líquida. Se la utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en mg O₂/L.

El análisis de DQO es aplicable en aguas continentales (ríos, lagos, acuíferos, etc.), aguas residuales o cualquier agua que pueda contener una cantidad apreciable de materia orgánica. Sin embargo no es eficaz si se la aplica para agua potable debido a que normalmente se obtienen valores despreciables, es por eso que para este tipo de caso se recomienda el método de oxidación con permanganato de potasio.

¹¹ Coral K., 2004. *Manual de Ingeniería Ambiental*, Universidad Internacional SEK.

Cloruros

Este tipo de compuestos se los encuentra normalmente en el agua, originarios de rocas conformadas por cloruros, que normalmente están en contacto con el agua.

Frecuentemente se las encuentra en aguas negras ya que el compuesto se encuentra también en la orina de las personas y esta facilita la presencia de cloruros en el agua.

Fosfatos

En este tipo de compuestos el fósforo, aparece generalmente en forma de fosfatos, es un elemento ampliamente utilizado en el sector agropecuario como fertilizante y como suplemento mineral en la nutrición de los animales.

La mayoría del fósforo utilizado proviene de minerales fosfatados, principalmente rocas.

Los fosfatos debido a su procedencia y utilización se presentan como compuestos no tóxicos por lo que no es un potencial peligro para la salud de los seres vivos, pero en el caso del agua es un índice de disminución de su calidad.

Nitratos

Al nitrato se lo denomina como la especie derivada del nitrógeno más importante. Para ciertos organismos autótrofos son de importancia debido a su contenido de nutrientes. Es por esto que los nitratos a grandes concentraciones pueden originar un fenómeno llamado eutrofización, con un aumento en la población de estos organismos autótrofos que compiten con el oxígeno con otros organismos aerobios de mayor tamaño.

La concentración de nitratos, al igual que la de nitritos está relacionada con la posterior aparición de algas y al consumir puede provocar enfermedades.

Sulfatos

Este tipo de compuesto se encuentra en las aguas naturales con un alto grado de concentración. Las aguas provenientes de minas y efluentes industriales contienen

grandes cantidades de sulfatos derivados de la oxidación de la pirita y del uso del ácido sulfúrico.

Estas sales, son unas de las más utilizadas, debido a varias razones como la solubilidad que tienen en el agua, salvo dos excepciones el PbSO_4 y el BaSO_4 , no son oxidantes ni reductores, lo que facilita que forme sales con metales en altos y bajos estados de oxidación. Además en disolución no inicia reacciones redox con ningún ion presente. En general los sulfatos se obtienen haciendo reaccionar ácido sulfúrico con un metal, óxido, hidróxido o carbonato.

Bario

Este elemento reacciona con el agua y se oxida rápidamente en ambientes húmedos. El elemento es tan reactivo que no existe en estado libre en la naturaleza, siempre se encuentra formando compuestos con halógenos, aunque también se presenta en forma de nitratos o sulfatos no solubles en agua.

El Bario es un elemento metálico químicamente similar al calcio, pero más reactivo.

Parámetros Biológicos

Coliformes

Las coliformes son bacterias que se encuentran frecuentemente en plantas, suelo y animales, incluyendo al ser humano. La presencia de bacterias coliformes en el agua es un indicio de que esta puede estar contaminada con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición. Generalmente, las bacterias coliformes se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos más profundos.

Coliformes fecales

Los coliformes fecales son microorganismos con una estructura parecida a la bacteria llamada *Escherichia coli* y se transmiten por medio de los excrementos. La *Escherichia coli* es una bacteria que se encuentra normalmente en el intestino del ser humano y en el

de otros animales. Hay diversos tipos de *Escherichia*; algunos no causan daño en condiciones normales y otros pueden incluso ocasionar la muerte.¹²

2.5. Marco Legal.-

En el año de 1972 en Estocolmo se puso en vigencia la Declaración de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, debido al incremento poblacional y al descontrolado crecimiento industrial, causales de perjuicios a la salud humana y al ambiente, y es aquí donde catalogan a la contaminación como un problema global de gran importancia.

El Ecuador a raíz de esta declaratoria, decide expedir regulaciones para el control de la contaminación, tal es el caso de la Ley de Aguas, posterior a esta normativa se expidió en 1976 el Decreto No. 374 en el cual consta la Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental.

Los reglamentos de aplicación, entre ellos del recurso agua, demandaron mucho tiempo para ser elaborados y expedidos, además presentaron limitaciones al considerar estándares que no se adaptan a la realidad ambiental nacional¹³.

Años más tarde se publica la Ley de Gestión Ambiental en 1999, cuatro años después se publica la Norma de Calidad Ambiental dentro del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS).

Con estos antecedentes del marco legal con respecto al Ecuador, se ha tomado en cuenta las siguientes normativas legales para el desarrollo del análisis:

- Constitución Política del Ecuador.
- Ley de Aguas.
- Ley de Prevención y Control de la Contaminación.
- Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario (TULAS).

¹² <http://www.uady.mx/biomedic/revbiomed/pdf>.

¹³ Quiroz J, 1995. *Análisis Económico de la Contaminación de Aguas en América Latina*.

Tomando en cuenta, todo el apoyo legal que nos ofrece el Ecuador, este trabajo se ha basado específicamente en el Libro VI, Anexo 1 del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario, para establecer los parámetros Físico-Químicos y Biológicos para un correcto diagnóstico del estado de calidad de las aguas del río Caoní en el centro poblado del Cantón Puerto Quito.

En el Anexo 1 del libro VI del TULAS, encontramos parámetros para distintas actividades que normalmente se presentan en el desenvolvimiento de una población, para el caso de este análisis, en concreto se debió tomar en cuenta parámetros relacionados entre las actividades agrícolas, actividades recreativas y para consumo humano.

Siendo así los parámetros tanto Físicos, Químicos y Biológicos fueron:

2.5.1. Parámetros Físicos.-

- Temperatura.
- Sólidos Totales Disueltos.

2.5.2. Parámetros Químicos.-

- pH.
- Oxígeno disuelto.
- Conductividad eléctrica.
- DBO₅
- DQO
- Sulfatos
- Fosfatos
- Nitratos
- Cloruros
- Alcalinidad Total
- Dureza Total
- Detergentes

- Bario
- Cadmio
- Cobre
- Cromo
- Plomo

2.2.3. Parámetros Biológicos:

- Coliformes Totales
- Coliformes Fecales

2.3.4. Responsables.-

Los actores involucrados con la calidad de agua del río Caoní en el Cantón Puerto Quito, específicamente en el centro poblado del sector, se los podría dividir en cuatro grupos reconocidos como:

a) Generadores de la Contaminación

En este grupo de actores involucrados encontramos al sector agrícola, industrial, comercios y población en general, debido al aporte de aguas negras.

b) Afectados por la Contaminación

Los principales afectados por esta alteración de calidad en el agua son los grupos sociales que necesitan de los recursos hídricos para su desarrollo diario, ya sea para uso domestico, laboral o recreativo. Otro importante actor afectado es el ecosistema debido al desequilibrio ecológico.

- c) Responsables de forjar regulaciones, normativas técnicas y legales.

El estado a nivel nacional a través del Ministerio del Ambiente, la Secretaría Nacional del Agua. A nivel Provincial el Consejo Provincial de Pichincha y a nivel seccional los Municipios. El agua es un bien nacional, por ello el estado garantizará a los particulares el uso de las aguas con las limitaciones necesarias para su eficiente aprovechamiento a favor de la producción, de acuerdo a lo determinado en la Codificación de la Ley de Aguas. No obstante debe considerarse los mecanismos de participación social, información y vigilancia ambiental establecidos en la Ley de Gestión Ambiental.¹⁴

Le corresponde a la Secretaría Nacional del Agua, planificar su mejor utilización y desarrollo, realizar evaluaciones e inventarios, delimitar las zonas de protección, declarar el estado de emergencia, aplicar medidas para proteger el agua y propender a la prospección y desarrollo de las Cuencas Hidrográficas.¹⁵

El control de la contaminación ambiental estará establecido por instituciones responsables por recursos naturales, a través de participación social, programas de monitoreo en las áreas de su competencia, el Ministerio del ramo encargado deberá recibir los datos obtenidos para su debido análisis y su respectiva publicación.¹⁶

- d) Generadores de información

Los responsables de generar la información deben ser los centros educativos en un nivel superior de educación, organizaciones con ningún vínculo gubernamental, y los más importantes actores serán los municipios.

¹⁴ **DMMA, 2005.** *Plan de Manejo de la Calidad del Agua en el Distrito Metropolitano de Quito*, Municipio del Distrito Metropolitano de Quito.

¹⁵ **R.O. No. 339, 2004.** *Codificación de la Ley de Aguas.*

¹⁶ **R.O. No. 245, 1999.** *Ley de Gestión Ambiental.*

CAPITULO III

METODOLOGIA:

3.1. Ubicación geográfica de los puntos de muestreo.-

El río Caoní tiene su origen en el cantón san Miguel de los Bancos, luego atraviesa distintos cantones para llegar a su desembocadura en el río Blanco entre estos tenemos a: Pedro Vicente Maldonado y Puerto Quito, en este último se realizó el estudio planteado.

El cantón Puerto Quito se encuentra ubicado en la provincia de Pichincha, al Nor-Occidente de la ciudad de Quito. Cuenta con una superficie de 640,70 km², abarca una población de 17.129 habitantes¹⁷, su densidad poblacional es 26,7 habitantes/ km², el cantón se encuentra a 160 m.s.n.m. por lo que, Puerto Quito se caracteriza por tener un clima húmedo tropical, su temperatura promedio anual es de 25°C, con una precipitación de 1000 a 2000 mm/año.

El río Caoní atraviesa el cantón y el centro poblado, donde es utilizado tanto en la parte turística como en la doméstica, ya que aprovechan sus aguas para satisfacer sus necesidades, ayudando al desarrollo del cantón.

3.1.1. Estaciones de muestreo.-

La localización de puntos de muestreo se efectuó tanto aguas arriba como aguas abajo de las principales fuentes de contaminación. (Ver Anexo).

Como resultado de esto, se tomaron en cuenta cinco puntos o estaciones de muestreo, basados en la actividad de cada sector y sus alrededores, dentro del centro poblado del cantón Puerto Quito, las cuales fueron visitadas en dos jornadas de muestreo durante los años 2008 y 2009:

¹⁷ **INEC, 2001.** Censo de Población y Vivienda

Tabla 1. Datos de estaciones de muestreo.

ESTACION	NOMBRE REFERENCIAL	ALTURA	UBICACIÓN RELATIVA	LOCALIZACION
No.		m.s.n.m	m	Coordenadas
1	"La Isla"	149	0	00° 07' 08.1" N
				79° 14' 08.4" O
2	"Curva a la playa"	136	150	00° 07' 08.1" N
				79° 15' 01.3" O
3	"Playa"	122	250	00° 07' 08.8" N
				79° 15' 08.1" O
4	"By-pass"	121	350	00° 07' 11.4" N
				79° 15' 17.0" O
5	"Camal"	126	500	00° 07' 17.1" N
				79° 15' 32.8" O

3.2. Plan de Muestreo.-

El plan de muestreo es importante, ya que proporciona un modelo uniforme que facilita la tarea de la persona encargada del muestreo, y a su vez sirve como recordatorio de los componentes más importantes de un programa total de análisis de muestras.

Luego de tener los puntos de muestreos definidos, se estableció un procedimiento de muestreo para las diferentes jornadas de trabajo, las cuales se dividieron en diferentes fechas durante los años 2008 y 2009.

3.2.1. Procedimiento:

- Etiquetado de recipiente (4 litros) destinado al almacenamiento de la muestra, incluyendo a la persona que tomó la muestra, fecha y ubicación.
- Enjuague de recipiente donde se almacenó la muestra, con la misma agua del sitio, tres veces antes de tomar la muestra definitiva.
- Se tomaron las muestras de agua, con un intervalo de tiempo (5 minutos), utilizando una jarra de 1000 mL de capacidad la cual fue enjuagada con anticipación.
- Una vez recolectada la muestra, ésta era depositada en el recipiente rotulado.

- Toma de muestra para análisis microbiológicos, utilizando recipientes esterilizados.
- La medición de parámetros in situ (pH, temperatura, O.D, STD), empleando un medidor multiparametros. (Ver Anexo).

Cabe recalcar que las jornadas de muestreo fueron realizadas en diferentes fechas, dichas jornadas tenían una duración de aproximadamente 4 horas, incluyendo la toma de muestra de cada estación.

3.3. Caracterización de las muestras de agua.-

3.3.1. Equipos y Material de Muestreo.-

- Flexómetro (5 metros).
- Sonda multiparametros. (Thermo, Orion)
- GPS (Orion).
- Cronómetro. (Casio HS-3V-LB).
- Jarra plástica con capacidad para 1000 mL.
- Recipientes o envases de plástico esterilizados.
- Etiquetas de identificación.
- Caja térmica.
- Cuerda de 20 m de longitud.
- Envases plásticos no retornables (250 mL).

3.3.2. Parámetros de Control Analizados.-

En las estaciones de muestreo se debe controlar cierto número de parámetros, por eso, en los distintos puntos de muestreo se examinaron exactamente los mismos parámetros seleccionados de acuerdo al Texto Unificado de legislación Ambiental Secundario (TULAS) en el libro VI.

Los parámetros escogidos fueron:

Tabla 2. Parámetros de Control Analizados.

PARAMETROS ANALIZADOS		METODO	
IN SITU	FISICO-QUIMICOS	pH	Sonda Multiparametros
		Temperatura	
		Sólidos Totales Disueltos	
		Oxígeno Disuelto	
EX SITU	FISICO-QUIMICOS	DBO5	St. Meth. 5210 B*
		Fosfatos	St. Meth. 4500 P E*
		Nitatos	St. Meth. 4500 NO ₃ E*
	BIOLOGICO	Coliformes Fecales	9221 C

Nota: Los ensayos marcados (*) indican el método aplicado en el laboratorio.

3.3.3. Preservación y almacenamiento de la Muestra.-

Debido a la naturaleza de las muestras, la estabilidad para cada constituyente nunca puede ser conseguida, las mejores técnicas de preservación solamente pueden retardar los cambios químicos y biológicos que inevitablemente continúan luego de la recolección de la muestra.

Es por eso que se utilizó H₂SO₄ y HNO₃ para preservar la muestra y poder realizar el análisis correspondiente a los parámetros establecidos y necesarios. La cantidad utilizada fue de 2 mL/ L de muestra.

A su vez se utilizó otro tipo de preservación como es la refrigeración (4°C); luego las muestras fueron transportadas del sitio de muestreo al laboratorio en cajas térmicas.

3.3.4. Análisis de Laboratorio.-

Los análisis realizados de los distintos parámetros establecidos fueron desarrollados en el laboratorio de la FIGEMPA de la Universidad Central del Ecuador, LAGIN Ecuador y en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Internacional Sek.

CAPITULO IV:

RESULTADOS:

4.1. Caracterización del Agua del Río.-

Se tomaron muestras de cinco puntos o estaciones diferentes a lo largo del centro poblado del cantón Puerto Quito, en donde se realizaron mediciones in situ tales como pH, temperatura, sólidos totales disueltos y oxígeno disuelto.

Figura No. 1 Toma de muestra en el río Caoní

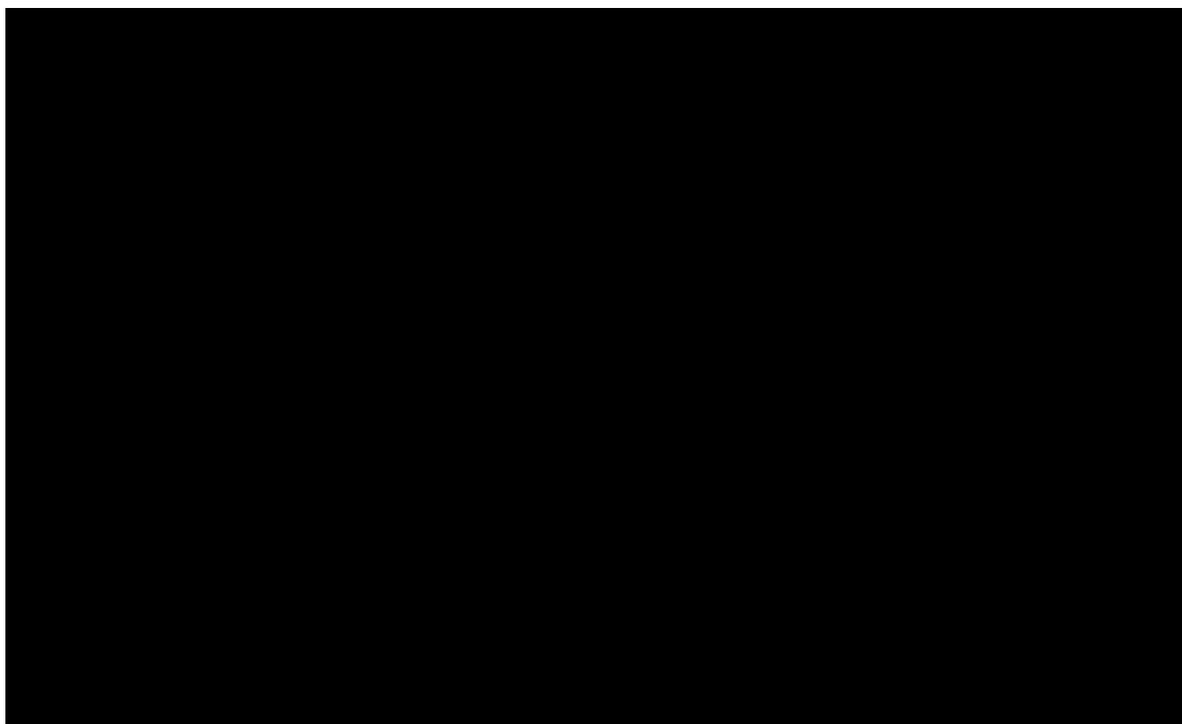


Las Muestras fueron analizadas en:

- Laboratorios Ciencias Ambientales, Universidad Internacional Sek.
- Laboratorio LAGIN Ecuador.
- Laboratorios FIGEMPA, Universidad Central del Ecuador.

4.1.1. Condiciones climáticas:

Tabla 3. Descripción de Condiciones Climáticas.



A continuación, se detalla en tablas los datos obtenidos luego de los análisis de campo y laboratorio, realizado luego de obtener las muestras:

Período 2008:

Tabla 4. Resultados Obtenidos de la Caracterización de las Muestras de Agua. Estación No. 1 (La Isla).

N°	PARAMETRO	UNIDADES	VALORES OBTENIDOS			
			MUESTRA 1 25/02/2008	MUESTRA 2 01/06/2008	MUESTRA 3 07/07/2008	MUESTRA 4 07/08/2008
1	pH		7,1	7,2	7,1	7,1
2	Temperatura	°C	24,5	25,2	25,1	24,3
3	Sólidos Disueltos Totales	mg/L	13,0	17,0	9,0	13,0
4	Oxígeno Disuelto	mg/L	5,5	5,9	5,6	5,5
5	DBO 5	mg/L de O2	37,50	0,1	2,95	0,1
6	Fosfatos	mg/L	2,384	1,93	2,12	1,90
7	Nitratos	mg/L	0,9	0	0,1	0
8	Coliformes Fecales	UFC/100ml	10	10	200	10

Tabla 5. Resultados Obtenidos de la Caracterización de las Muestras de Agua. Estación No. 2 (Curva Playa).

Nº	PARAMETRO	UNIDADES	VALORES OBTENIDOS			
			MUESTRA 1 25/02/2008	MUESTRA 2 01/06/2008	MUESTRA 3 07/07/2008	MUESTRA 4 07/08/2008
1	pH		7,5	7,1	7,5	7,4
2	Temperatura	°C	25,1	25,0	25,0	24,6
3	Sólidos Disueltos Totales	mg/L	13,0	15,0	15,0	8,0
4	Oxígeno Disuelto	mg/L	5,8	6,1	7,4	6,4
5	DBO 5	mg/l de O2	52,1	0,1	3,20	0,1
6	Fosfatos	mgO2/L	10,33	13,56	11,41	10,10
7	Nitratos	mg/L	0,8	0	0,1	0,1
8	Coliformes Fecales	UFC/100ml	250	200	200	10

Tabla 6. Resultados Obtenidos de la Caracterización de las Muestras de Agua. Estación No. 3 (Playa).

Nº	PARAMETRO	UNIDADES	VALORES OBTENIDOS			
			MUESTRA 1 25/02/2008	MUESTRA 2 01/06/2008	MUESTRA 3 07/07/2008	MUESTRA 4 07/08/2008
1	pH		7,5	7,4	7,0	7,4
2	Temperatura	°C	24,9	24,9	25,3	25,0
3	Sólidos Disueltos Totales	mg/L	12,0	16,0	9,0	12,0
4	Oxígeno Disuelto	mg/L	5,4	5,8	5,5	5,5
5	DBO 5	mg/l de O2	85,2	6,2	3,01	0,1
6	Fosfatos	mg/L	4,8	3,2	3,8	4,1
7	Nitratos	mg/L	0,8	0	0,2	0,1
8	Coliformes Fecales	UFC/100ml	200	10	10	10

Tabla 7. Resultados Obtenidos de la Caracterización de las Muestras de Agua. Estación No. 4 (By Pass).

Nº	PARAMETRO	UNIDADES	VALORES OBTENIDOS			
			MUESTRA 1 25/02/2008	MUESTRA 2 01/06/2008	MUESTRA 3 07/07/2008	MUESTRA 4 07/08/2008
1	pH		7,5	7,2	6,9	7,3
2	Temperatura	°C	24,6	24,8	25,0	25,0
3	Sólidos Disueltos Totales	mg/L	12,0	15,0	9,0	12,0
4	Oxígeno Disuelto	mg/L	5,6	5,5	5,0	5,4
5	DBO 5	mg/l de O2	63,1	7,1	3,55	0,1
6	Fosfatos	mg/L	13,11	12,53	10,77	10,21
7	Nitratos	mg/L	0	0,002	0,2	0
8	Coliformes Fecales	UFC/100ml	280	400	800	10

Tabla 8. Resultados Obtenidos de la Caracterización de las Muestras de Agua. Estación No. 5 (Camal).

Nº	PARAMETRO	UNIDADES	VALORES OBTENIDOS			
			MUESTRA 1 25/02/2008	MUESTRA 2 01/06/2008	MUESTRA 3 07/07/2008	MUESTRA 4 07/08/2008
1	pH		7,1	7,1	7,2	7,3
2	Temperatura	°C	25,1	25,2	25,0	25,0
3	Sólidos Disueltos Totales	mg/L	14,0	9,0	13,0	11,0
4	Oxígeno Disuelto	mg/L	4,7	5,0	4,9	4,5
5	DBO 5	mg/l de O2	72,1	8,6	3,41	0,1
6	Fosfatos	mg/L	8,42	12,56	11,34	12,45
7	Nitratos	mg/L	0,9	0	0,2	0,1
8	Coliformes Fecales	UFC/100ml	200	400	600	10

Período 2009.

Tabla 9. Resultados Obtenidos de la Caracterización de las Muestras de Agua. Estación No. 1 (La Isla).

N°	PARAMETRO	UNIDADES	VALORES OBTENIDOS				
			MUESTRA 1 12/03/2009	MUESTRA 2 13/03/2009	MUESTRA 3 14/03/2009	MUESTRA 4 15/03/2009	MUESTRA 5 16/03/2009
1	pH		7,5	7,7	7,5	7,3	7,3
2	Temperatura	°C	24,4	25,7	24,9	24,5	24,4
3	Sólidos Disueltos Totales	mg/L	11,0	13,0	10,0	13,0	13,0
4	Oxígeno Disuelto	mg/L	7,0	6,5	6,1	5,9	6,0
5	Fosfatos	mg/L	1,45	1,23	1,29	1,38	1,21
6	Nitratos	mg/L	0,4	0,1	0,1	0,2	0
7	Coliformes Fecales	UFC/100ml	460	150	28	210	23

Tabla 10. Resultados Obtenidos de la Caracterización de las Muestras de Agua. Estación No. 2 (Curva Playa).

N°	PARAMETRO	UNIDADES	VALORES OBTENIDOS				
			MUESTRA 1 12/03/2009	MUESTRA 2 13/03/2009	MUESTRA 3 14/03/2009	MUESTRA 4 15/03/2009	MUESTRA 5 16/03/2009
1	pH		6,6	7,1	6,9	7,0	7,1
2	Temperatura	°C	24,7	25,5	25,6	25,1	24,5
3	Sólidos Disueltos Totales	mg/L	10,0	12,0	12,0	11,0	13,0
4	Oxígeno Disuelto	mg/L	6,95	6,2	5,7	6,5	6,1
5	Fosfatos	mg/L	1,31	1,18	1,14	1,27	1,11
6	Nitratos	mg/L	0,3	0	0,1	0,18	0,1
7	Coliformes Fecales	UFC/100ml	240	460	240	460	20

Tabla 11. Resultados Obtenidos de la Caracterización de las Muestras de Agua. Estación No. 3 (Playa).

N°	PARAMETRO	UNIDADES	VALORES OBTENIDOS				
			MUESTRA 1 12/03/2009	MUESTRA 2 13/03/2009	MUESTRA 3 14/03/2009	MUESTRA 4 15/03/2009	MUESTRA 5 16/03/2009
1	pH		6,8	6,8	6,7	6,8	6,9
2	Temperatura	°C	24,6	25,0	26,1	24,9	24,6
3	Sólidos Disueltos Totales	mg/L	11,0	10,0	13,0	12,0	14,0
4	Oxígeno Disuelto	mg/L	6,31	5,9	6,6	6,5	6,1
5	Fosfatos	mg/L	1,38	1,23	1,26	1,24	1,31
6	Nitratos	mg/L	0,2	0,1	0	0,1	0
7	Coliformes Fecales	UFC/100ml	240	150	39	7	39

Tabla 12. Resultados Obtenidos de la Caracterización de las Muestras de Agua. Estación No. 4 (By Pass).

N°	PARAMETRO	UNIDADES	VALORES OBTENIDOS				
			MUESTRA 1 12/03/2009	MUESTRA 2 13/03/2009	MUESTRA 3 14/03/2009	MUESTRA 4 15/03/2009	MUESTRA 5 16/03/2009
1	pH		6,6	7,1	6,9	7,0	7,1
2	Temperatura	°C	24,7	25,5	25,6	25,1	24,5
3	Sólidos Disueltos Totales	mg/L	10,0	12,0	12,0	11,0	13,0
4	Oxígeno Disuelto	mg/L	6,95	6,2	5,7	6,5	6,1
5	Fosfatos	mg/L	1,31	1,18	1,14	1,27	1,11
6	Nitratos	mg/L	0,3	0	0,1	0,18	0,1
7	Coliformes Fecales	UFC/100ml	240	460	240	460	20

Tabla 13. Resultados Obtenidos de la Caracterización de las Muestras de Agua. Estación No. 5 (Camal).

N°	PARAMETRO	UNIDADES	VALORES OBTENIDOS				
			MUESTRA 1 12/03/2009	MUESTRA 2 13/03/2009	MUESTRA 3 14/03/2009	MUESTRA 4 15/03/2009	MUESTRA 5 16/03/2009
1	pH		7,1	7,2	6,9	7,0	6,9
2	Temperatura	°C	25,2	25,0	25,9	24,8	24,6
3	Sólidos Disueltos Totales	mg/L	10,0	11,0	12,0	10,0	13,0
4	Oxígeno Disuelto	mg/L	6,0	5,9	5,9	5,5	6,1
5	Fosfatos	mg/L	1,3	1,18	1,21	1,28	1,24
6	Nitratos	mg/L	0,35	0,2	0,2	0,1	0
7	Coliformes Fecales	UFC/100ml	150	11	210	3	23

4.2. Análisis de resultados.-

4.2.1. Comparación de parámetros entre los períodos 2008 y 2009:

Estación No. 1: (La Isla)

Gráfico No. 1: Variación de pH del río Caoní

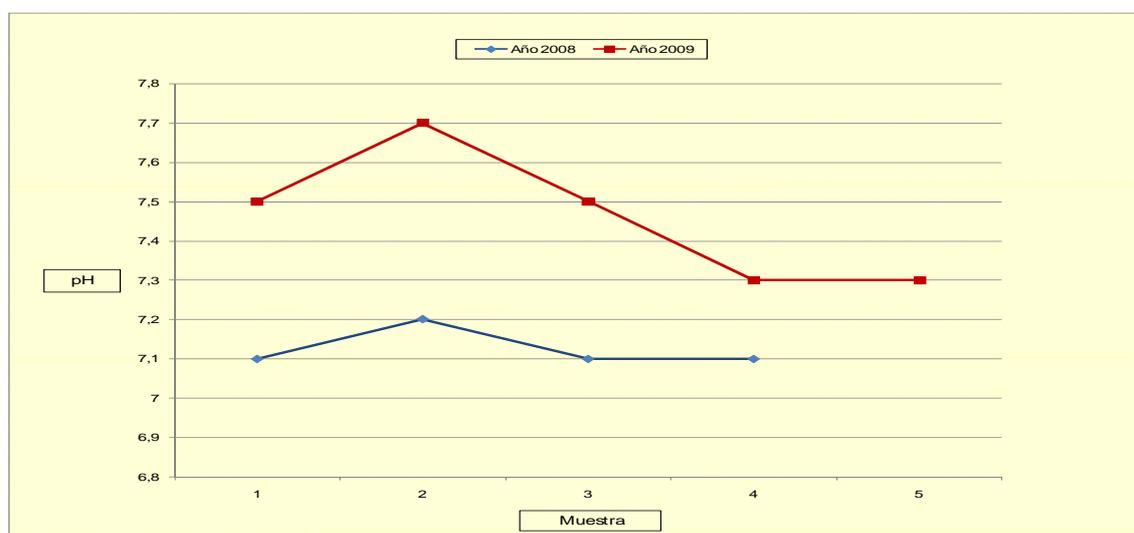


Gráfico No. 2: Variación de Temperatura del río Caoní

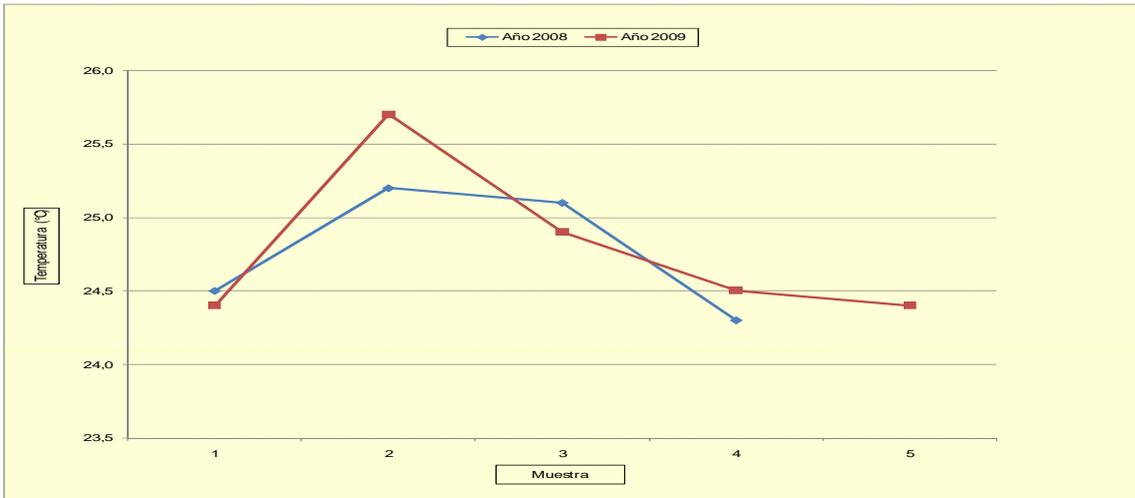


Gráfico No. 3: Variación de STD del río Caoní

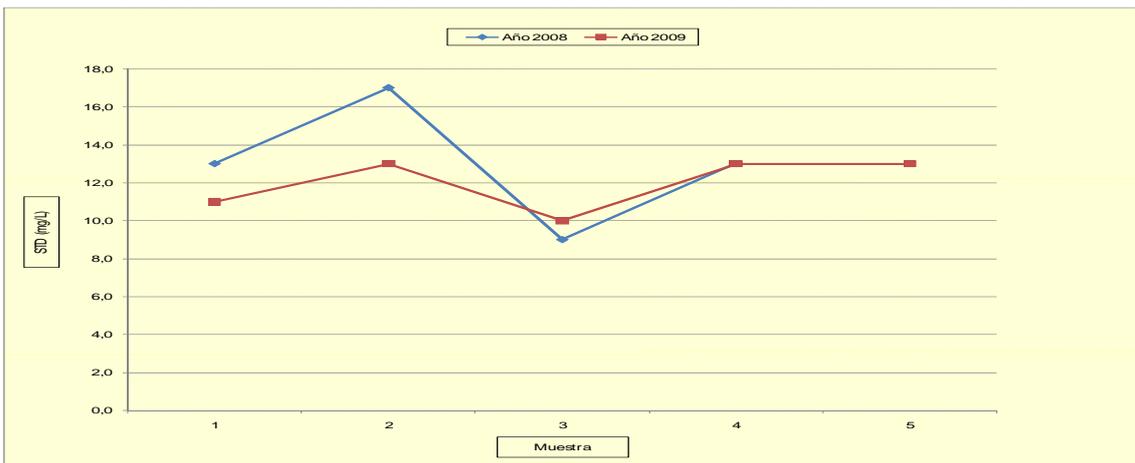


Gráfico No. 4: Variación de OD del río Caoní

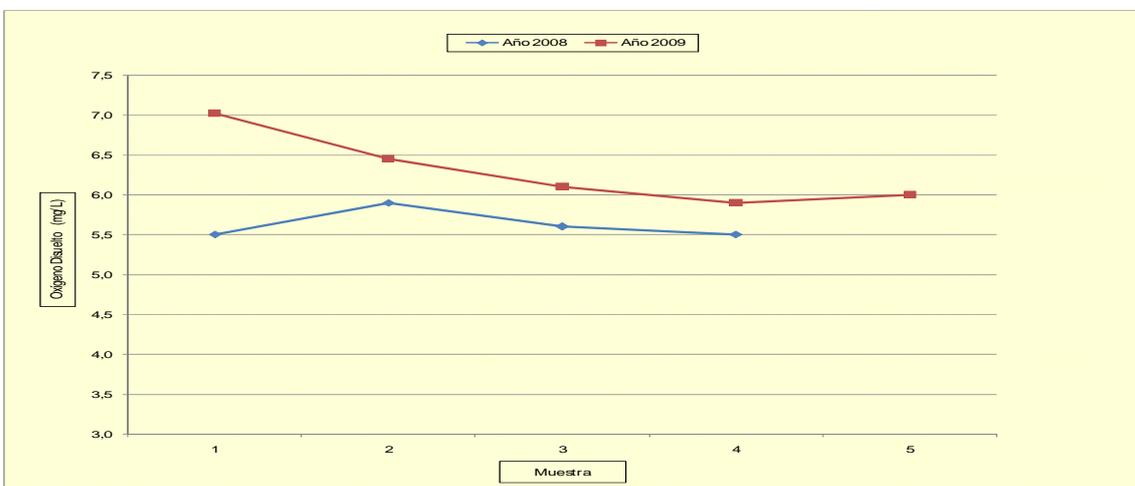


Gráfico No. 5: Variación de DBO₅ del río Caoní

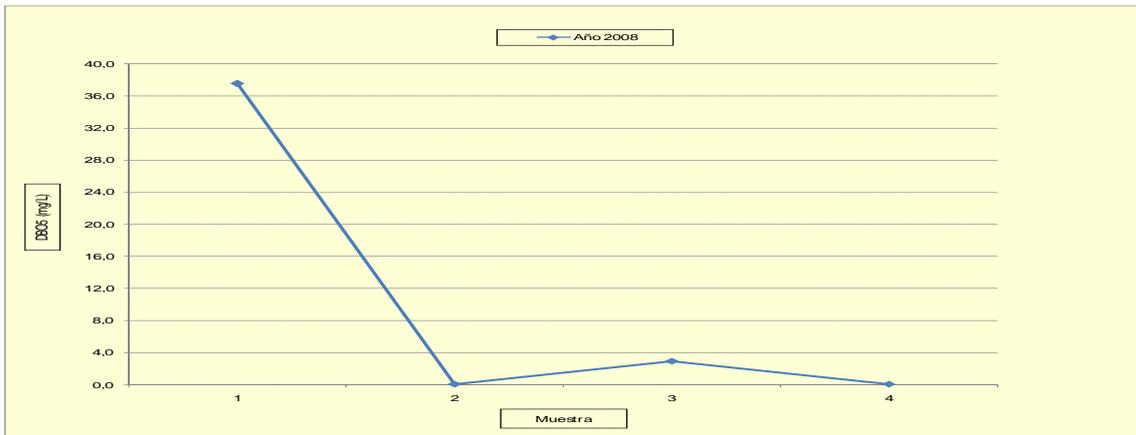


Gráfico No. 6: Variación de Fosfatos del río Caoní

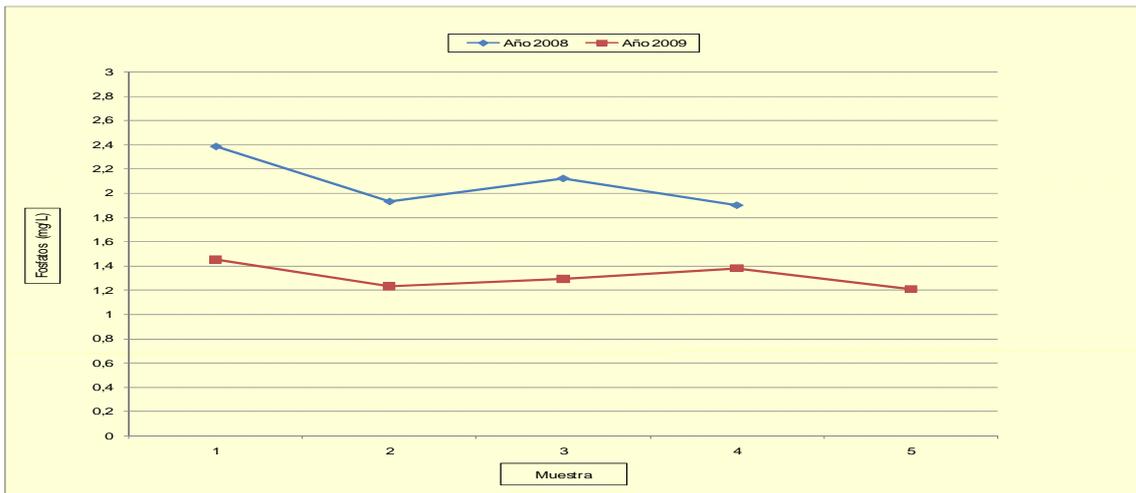


Gráfico No. 7: Variación de Nitratos del río Caoní

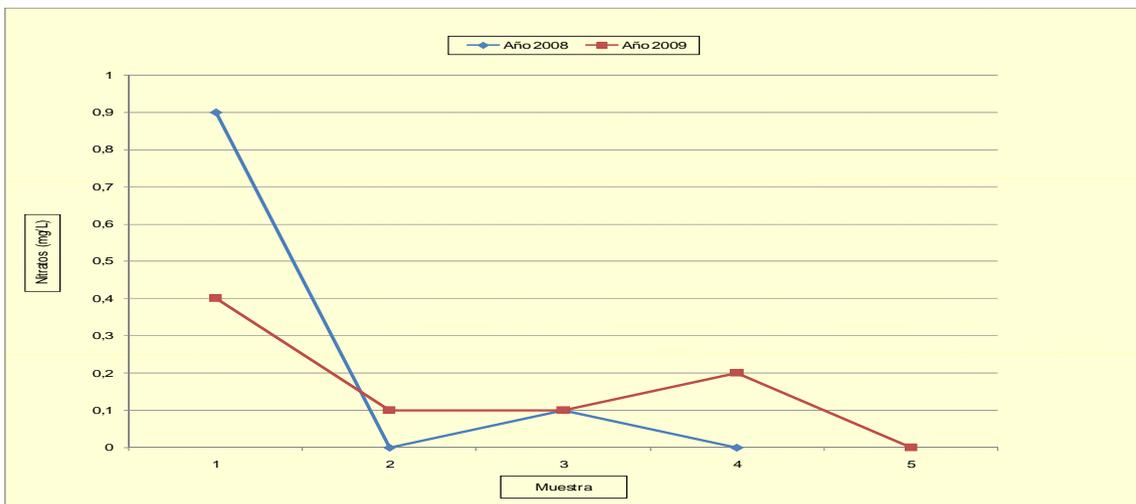
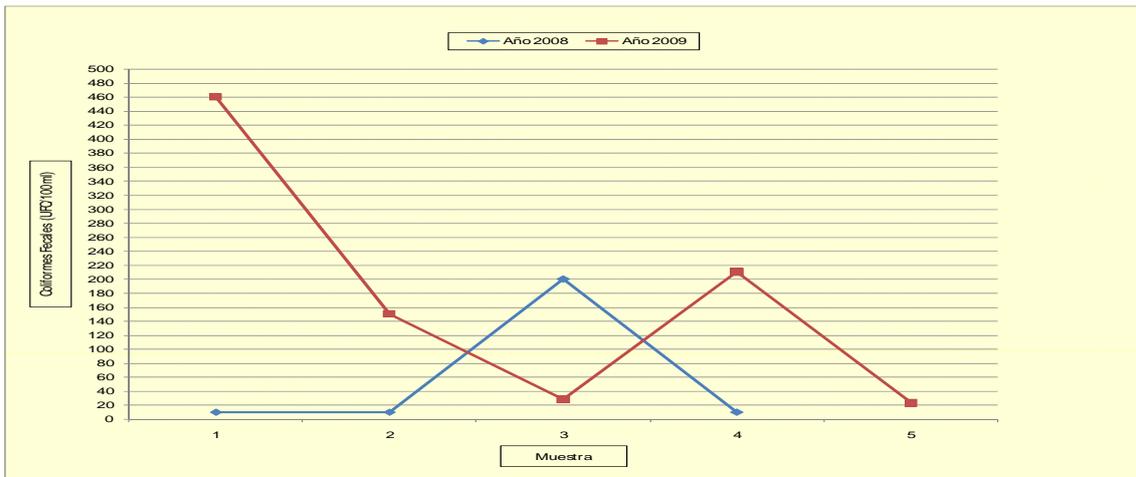


Gráfico No 8: Variación de Coliformes Fecales del río Caoní



Estación No. 2: (Curva Playa)

Gráfico No. 9: Variación de pH del río Caoní

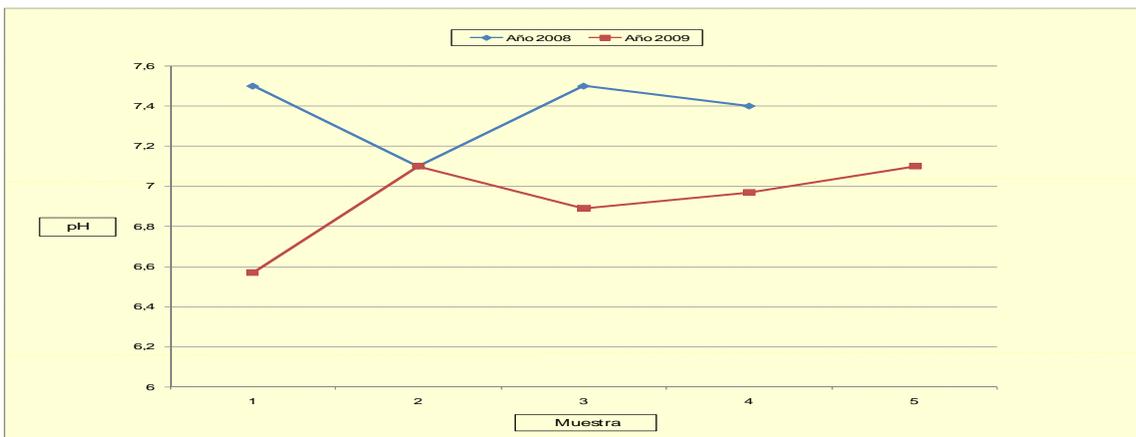


Gráfico No. 10: Variación de Temperatura del río Caoní

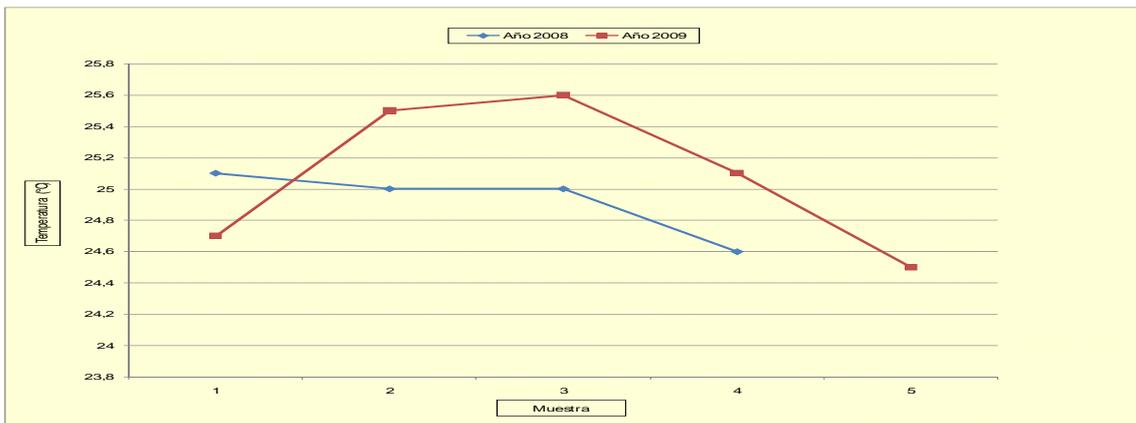


Gráfico No. 11: Variación de STD del río Caoní

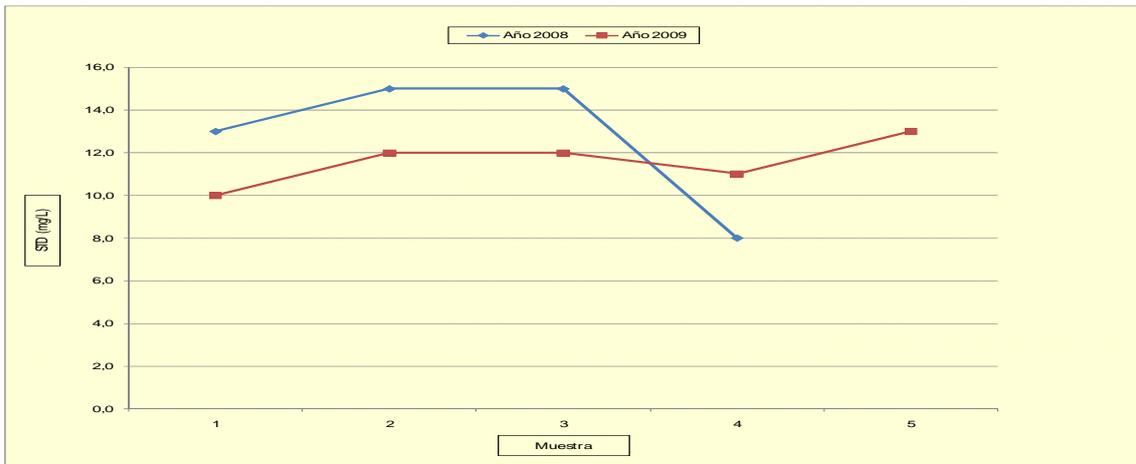


Gráfico No. 12: Variación de OD del río Caoní

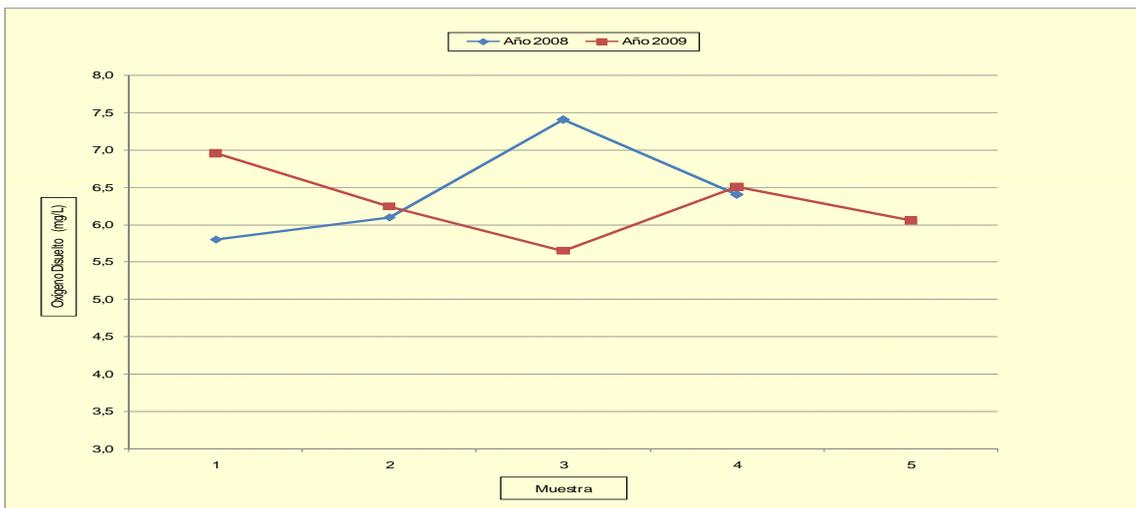


Gráfico No. 13: Variación de DBO₅ del río Caoní

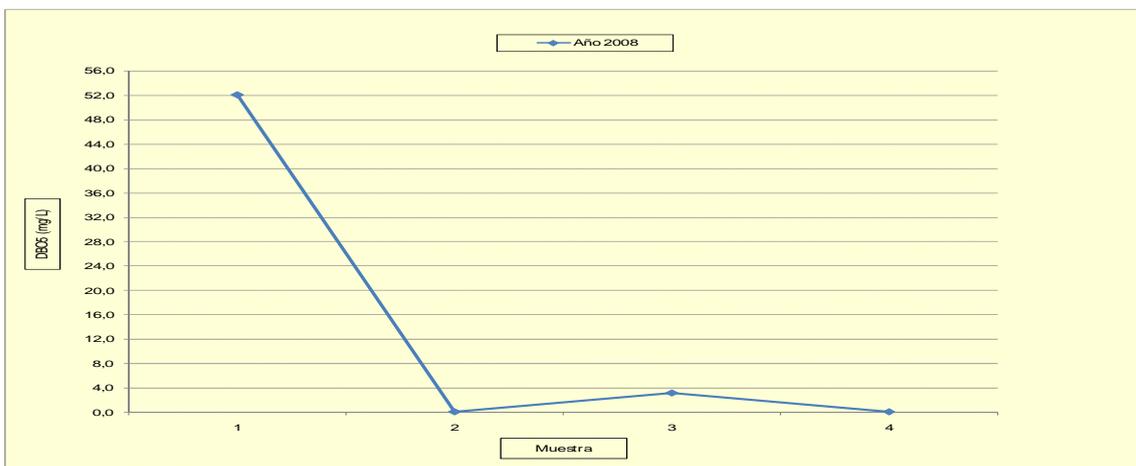


Gráfico No. 14: Variación de Fosfatos del río Caoní

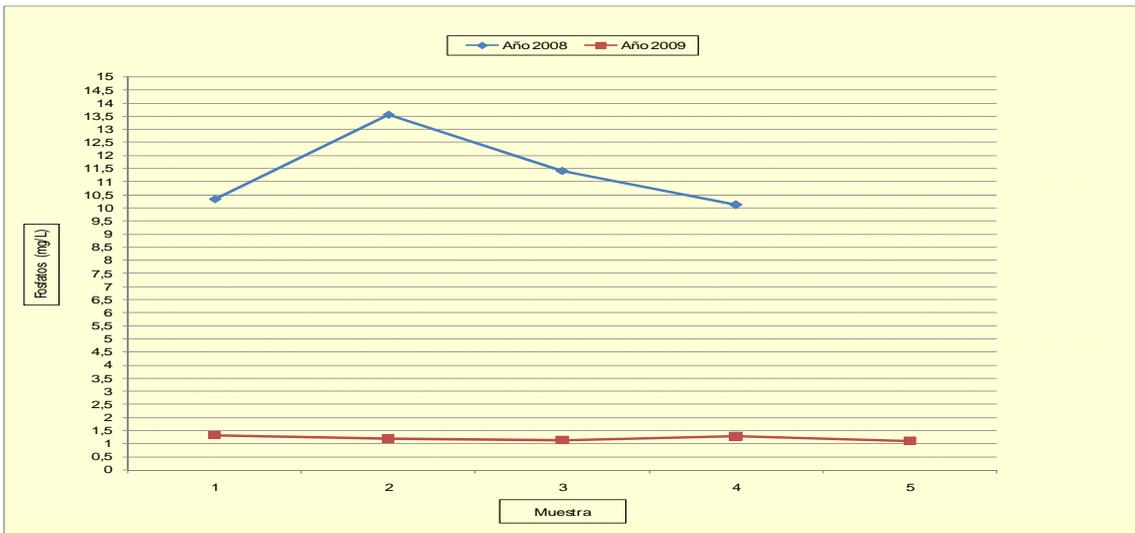


Gráfico No. 15: Variación de Nitratos del río Caoní

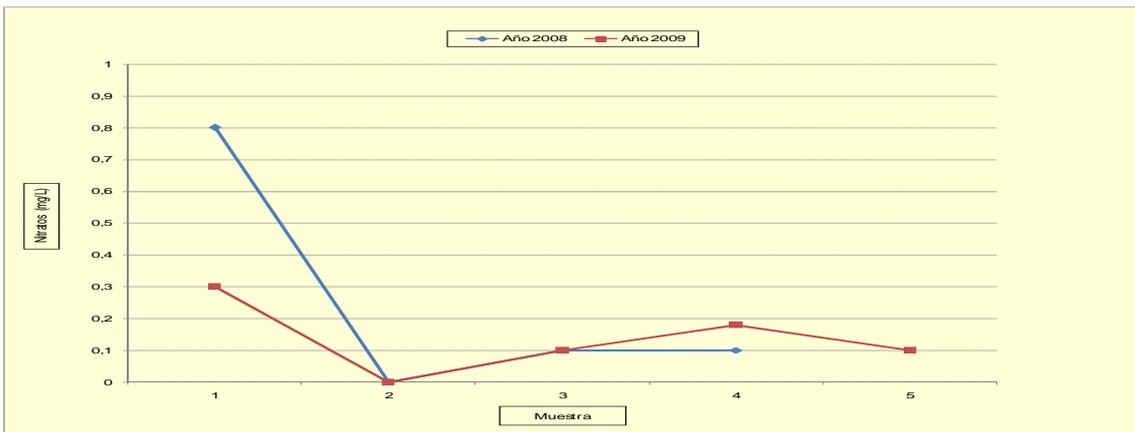
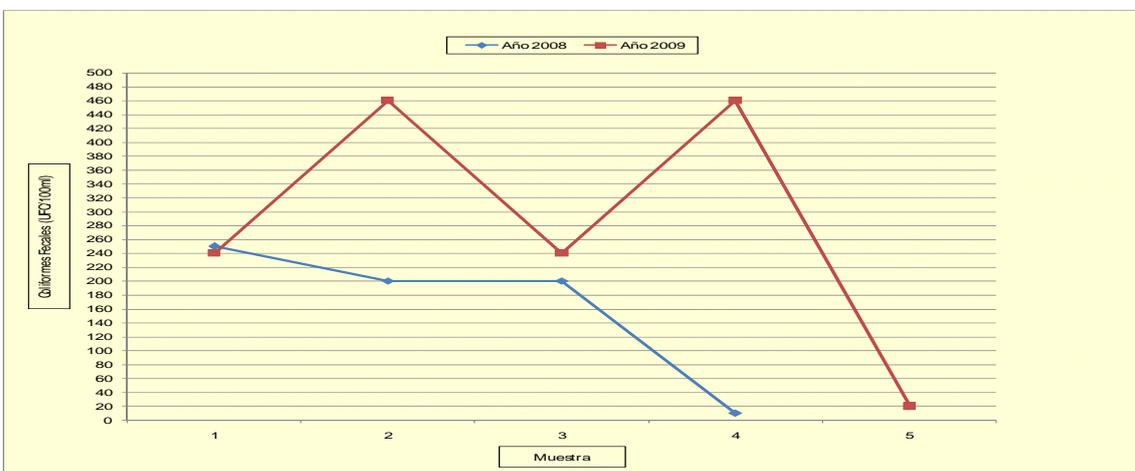


Gráfico No 16: Variación de Coliformes Fecales del río Caoní



Estación No. 3: (Playa)

Gráfico No. 17: Variación de pH del río Caoní

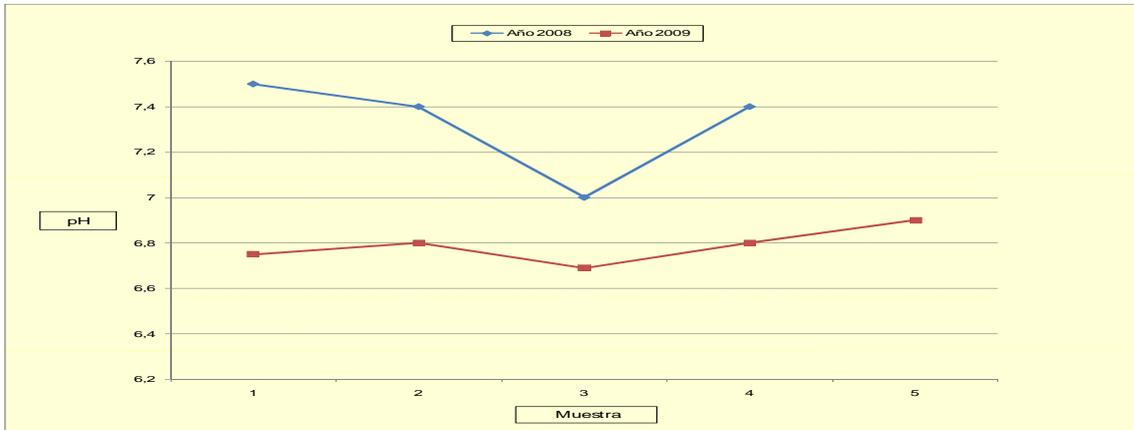


Gráfico No. 18: Variación de Temperatura del río Caoní

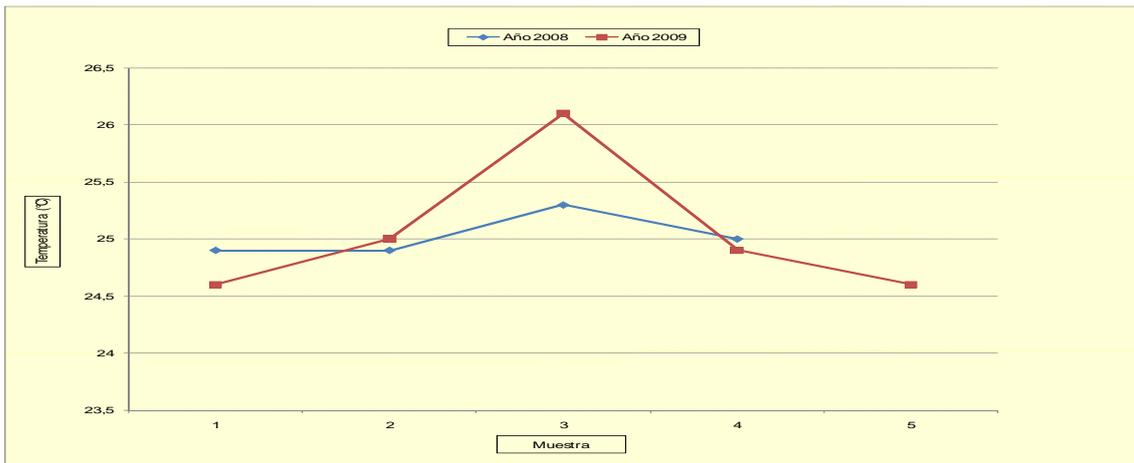


Gráfico No. 19: Variación de STD del río Caoní

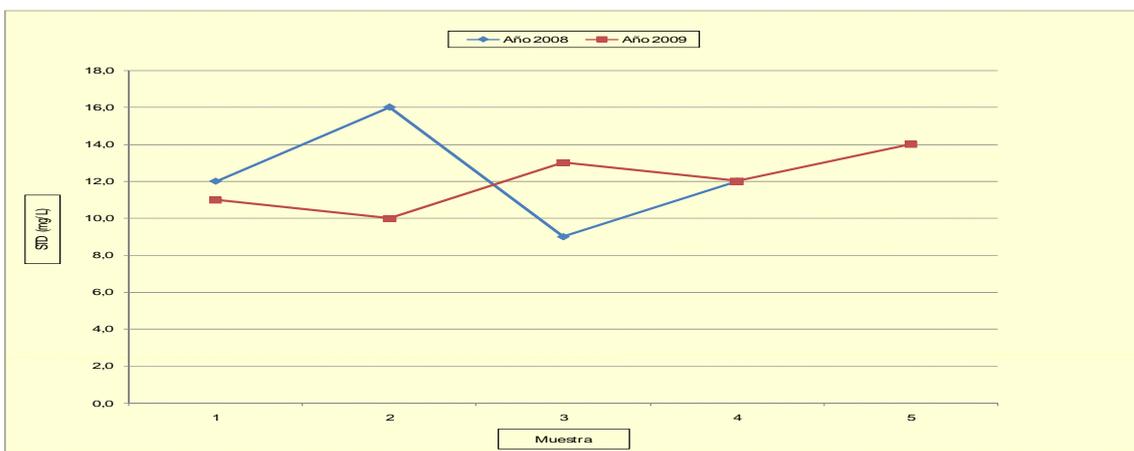


Gráfico No. 20: Variación de OD del río Caoní

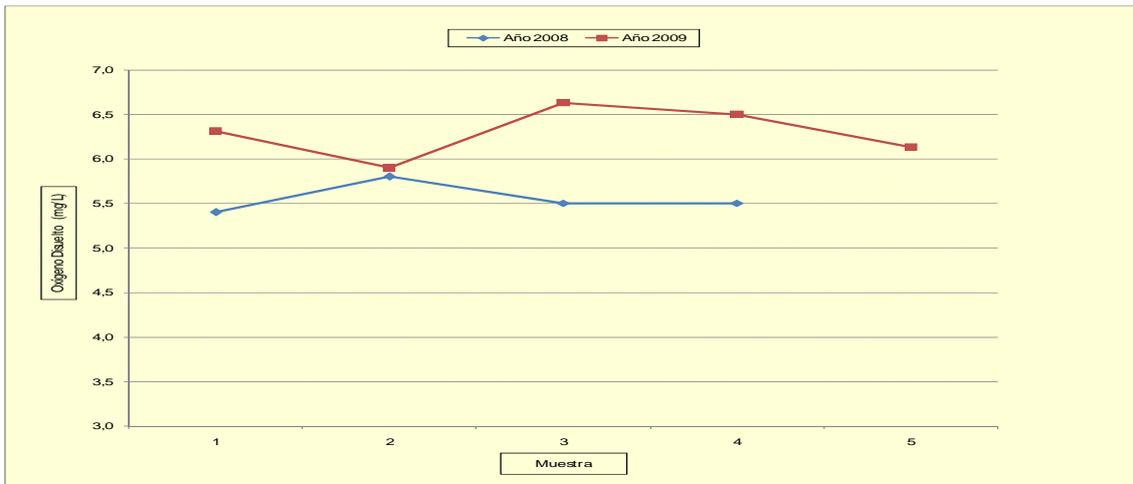


Gráfico No. 21: Variación de DBO₅ del río Caoní

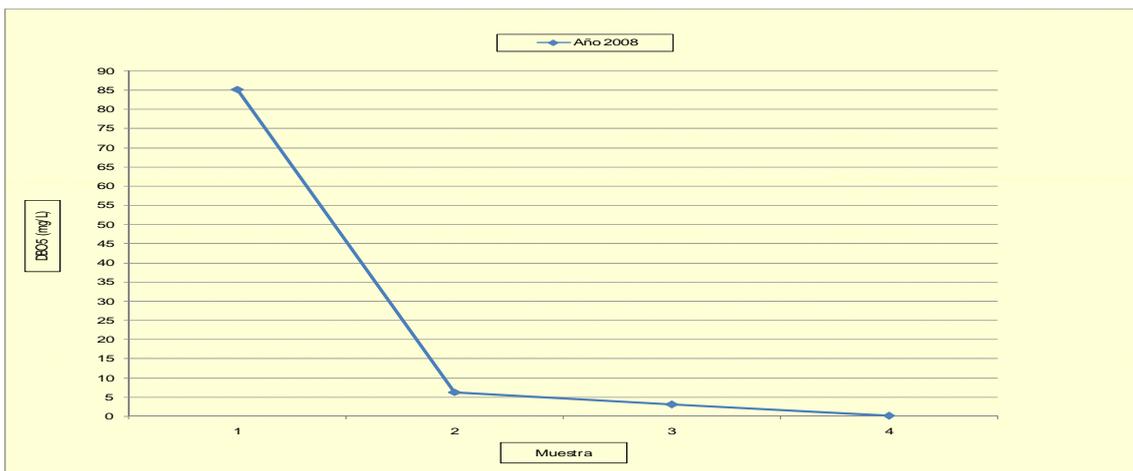


Gráfico No. 22: Variación de Fosfatos del río Caoní

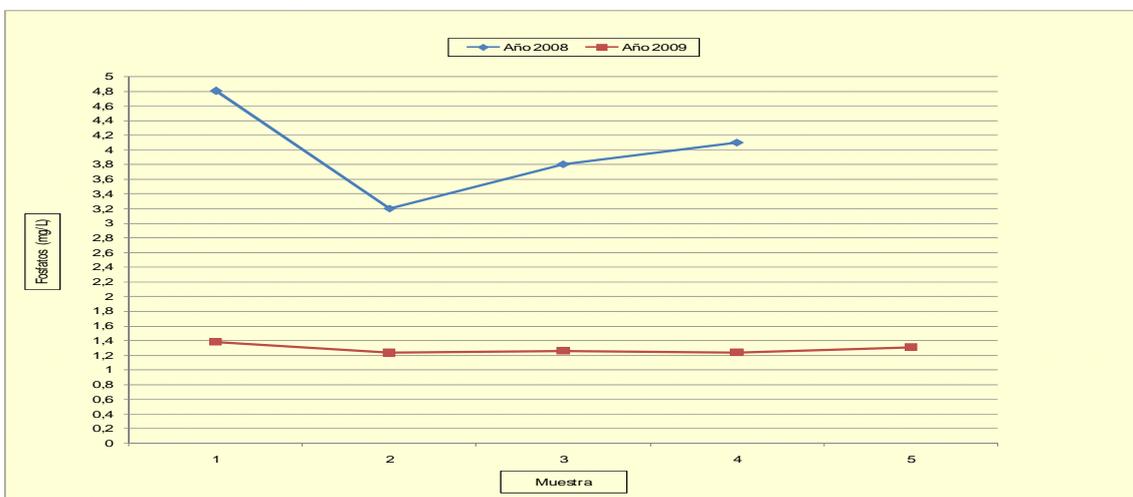


Gráfico No. 23: Variación de Nitratos del río Caoní

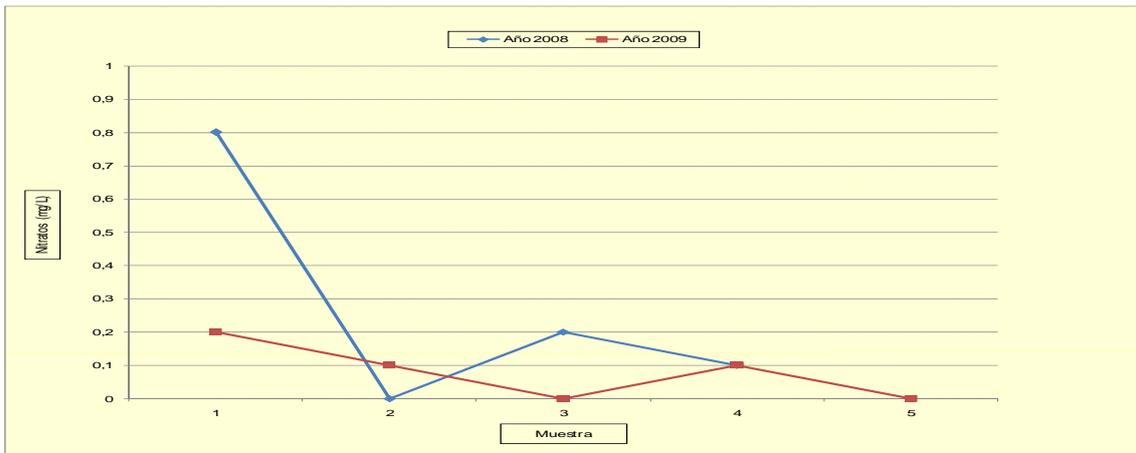
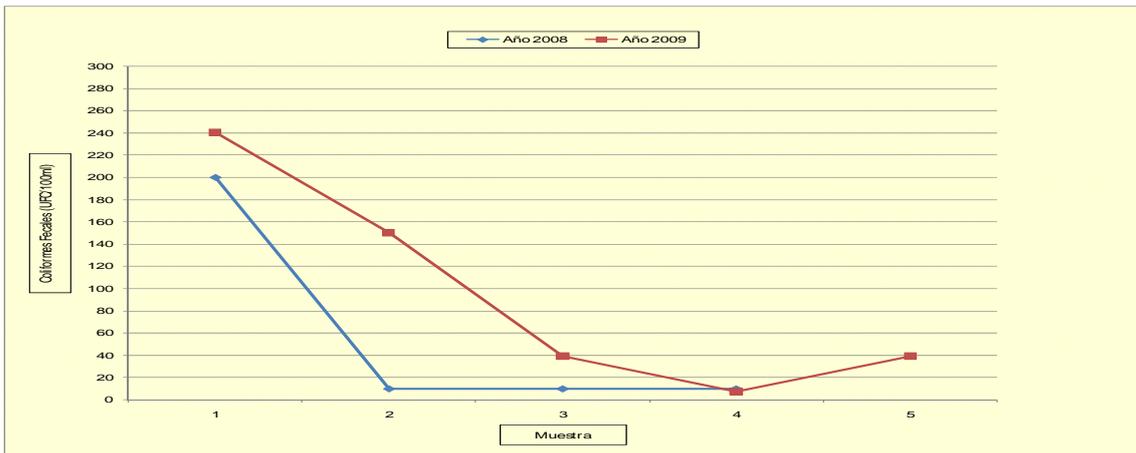


Gráfico No 24: Variación de Coliformes Fecales del río Caoní



Estación No. 4: (By Pass)

Gráfico No. 25: Variación de pH del río Caoní

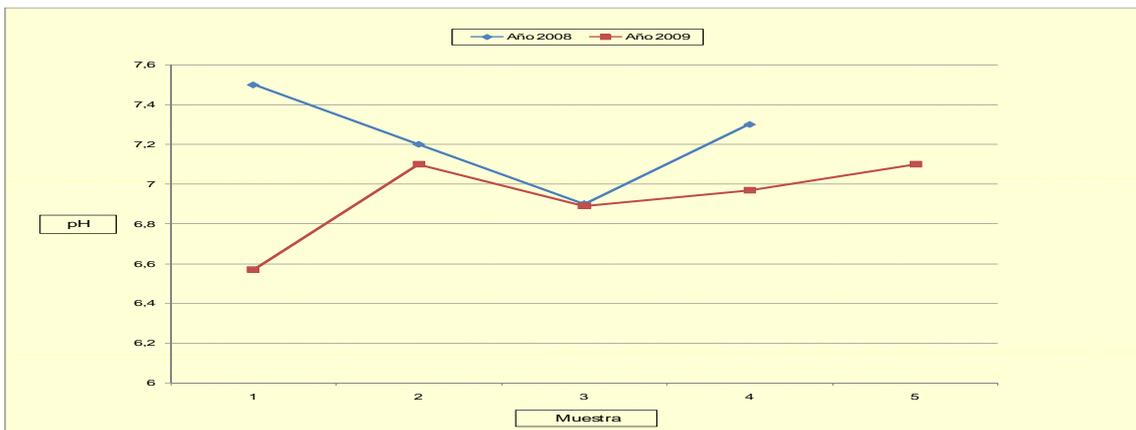


Gráfico No. 26: Variación de Temperatura del río Caoní

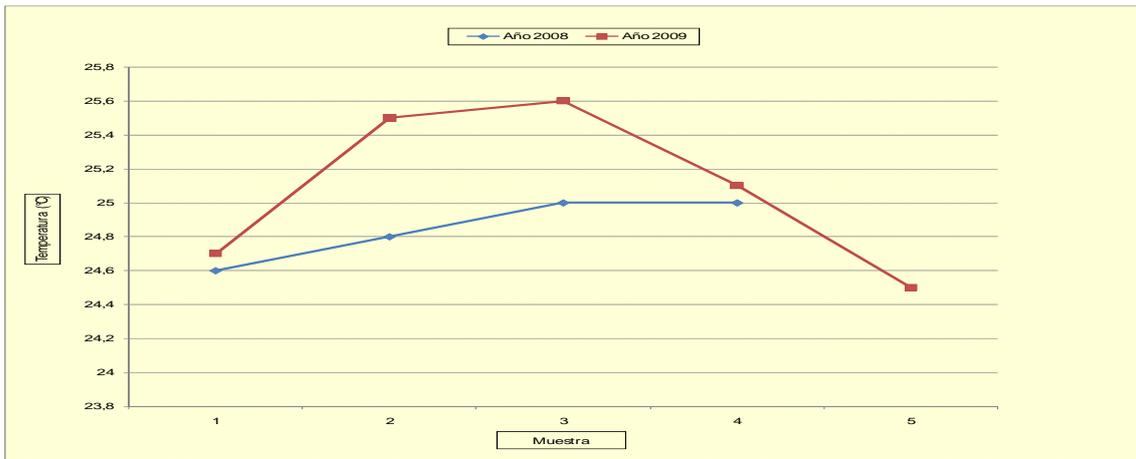


Gráfico No. 27: Variación de STD del río Caoní

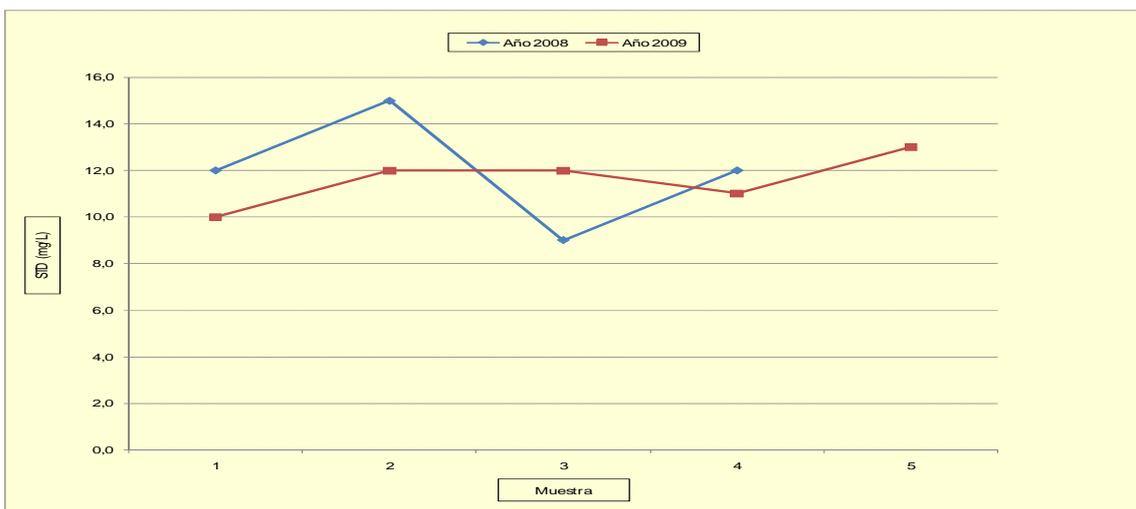


Gráfico No. 28: Variación de OD del río Caoní

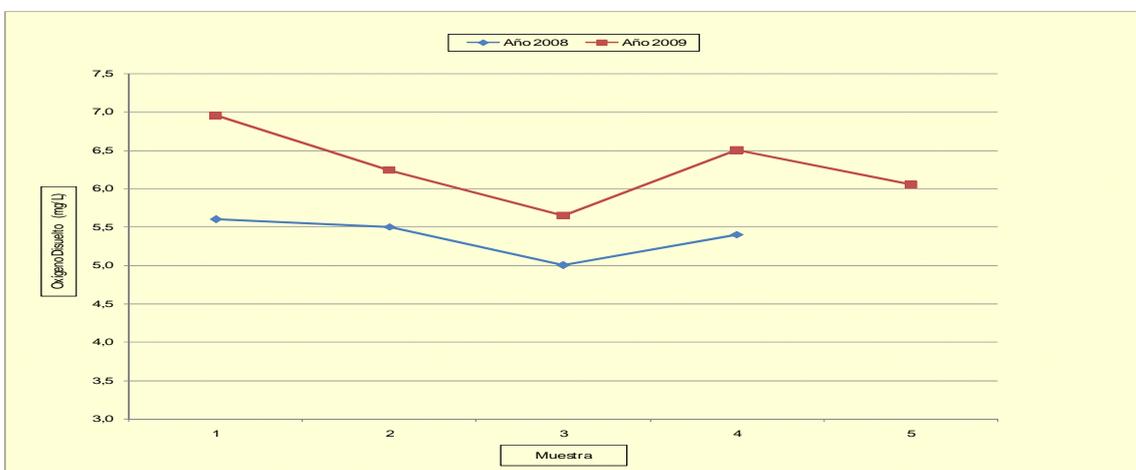


Gráfico No. 29: Variación de DBO₅ del río Caoní

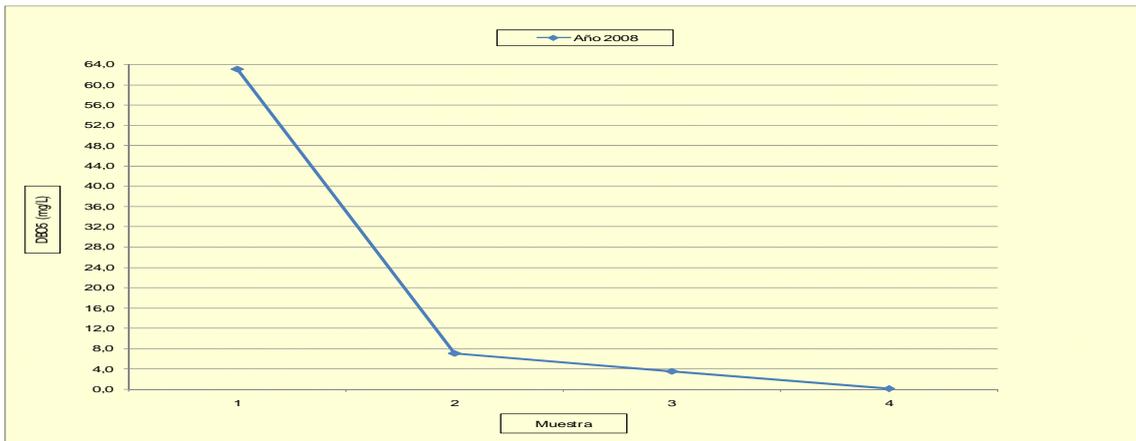


Gráfico No. 30: Variación de Fosfatos del río Caoní

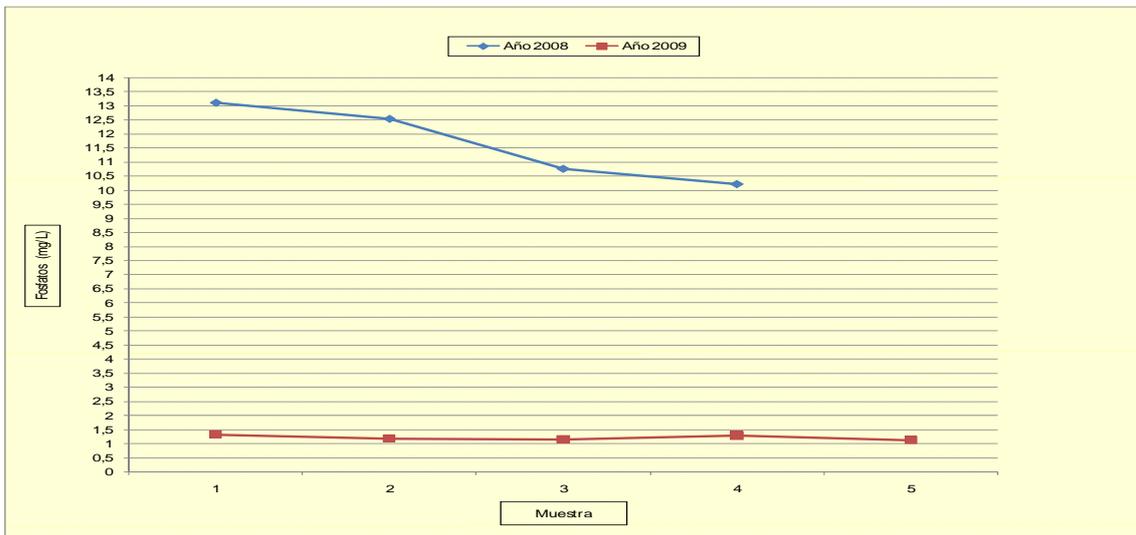


Gráfico No. 31: Variación de Nitratos del río Caoní

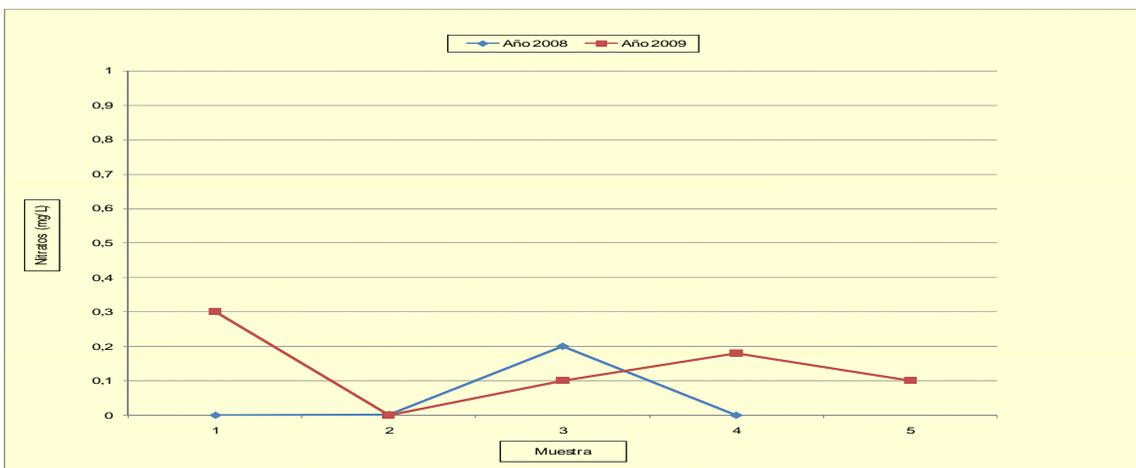
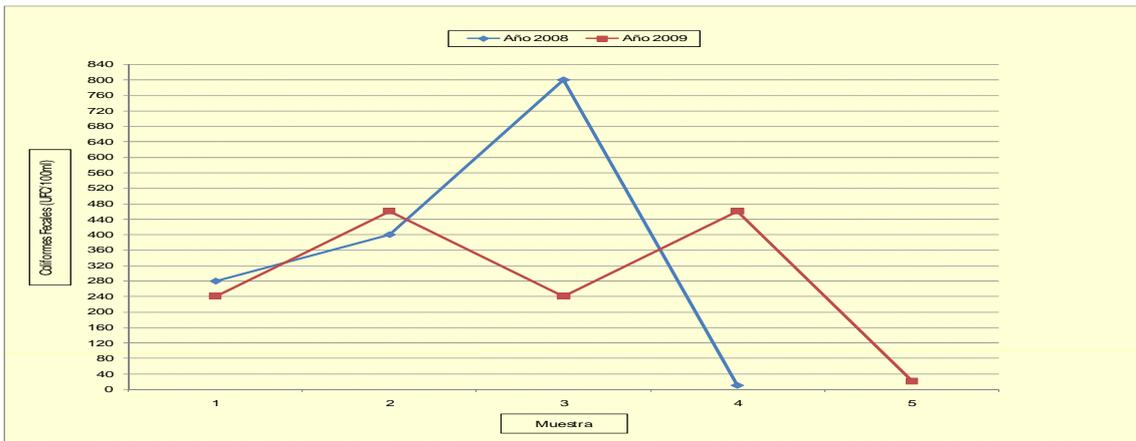


Gráfico No 32: Variación de Coliformes Fecales del río Caoní



Estación No. 5: (Camal)

Gráfico No. 33: Variación de pH del río Caoní

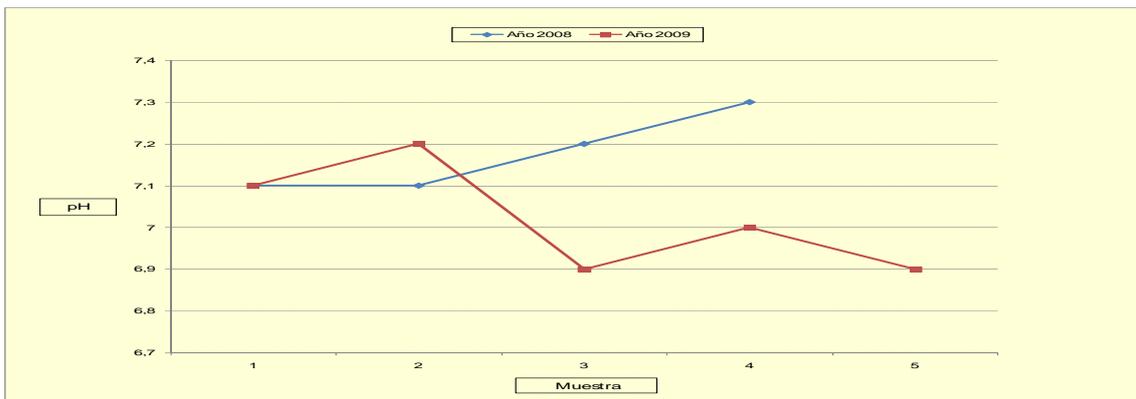


Gráfico No. 34: Variación de Temperatura del río Caoní

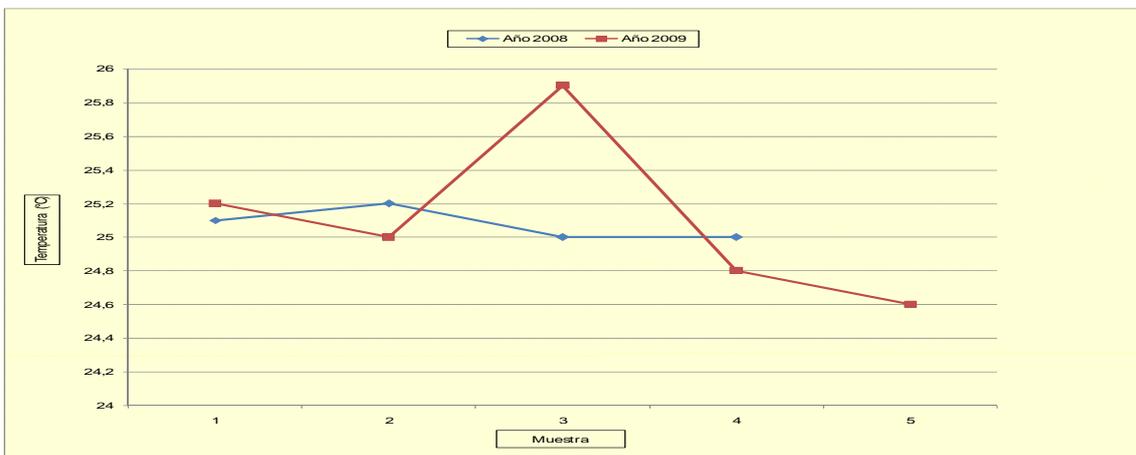


Gráfico No. 35: Variación de STD del río Caoní

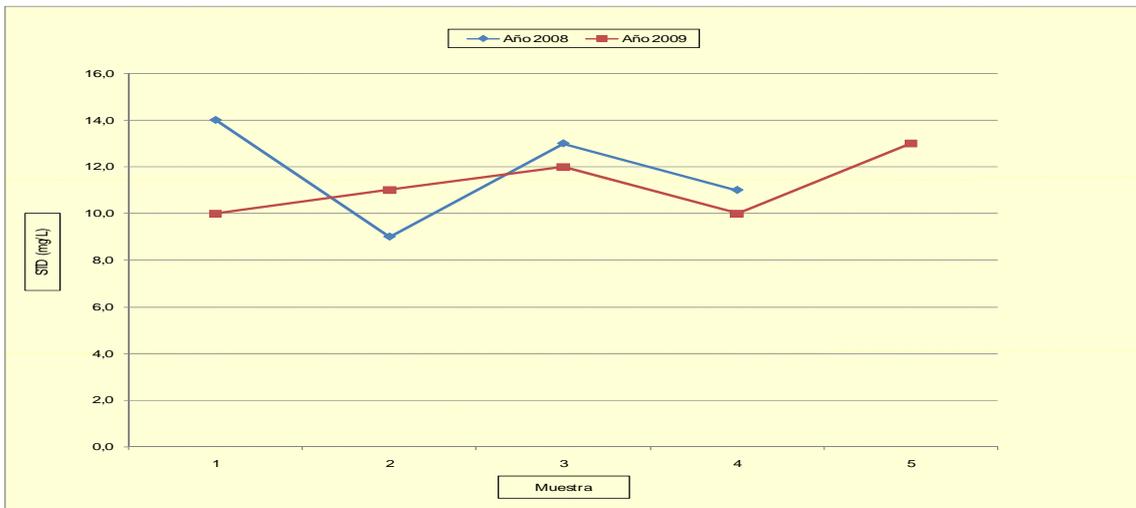


Gráfico No. 36: Variación de OD del río Caoní

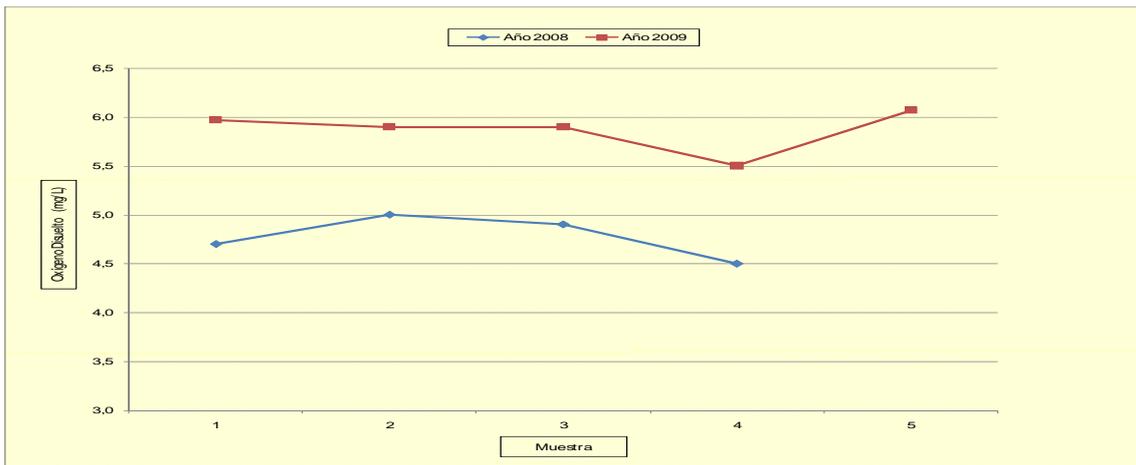


Gráfico No. 37: Variación de DBO₅ del río Caoní

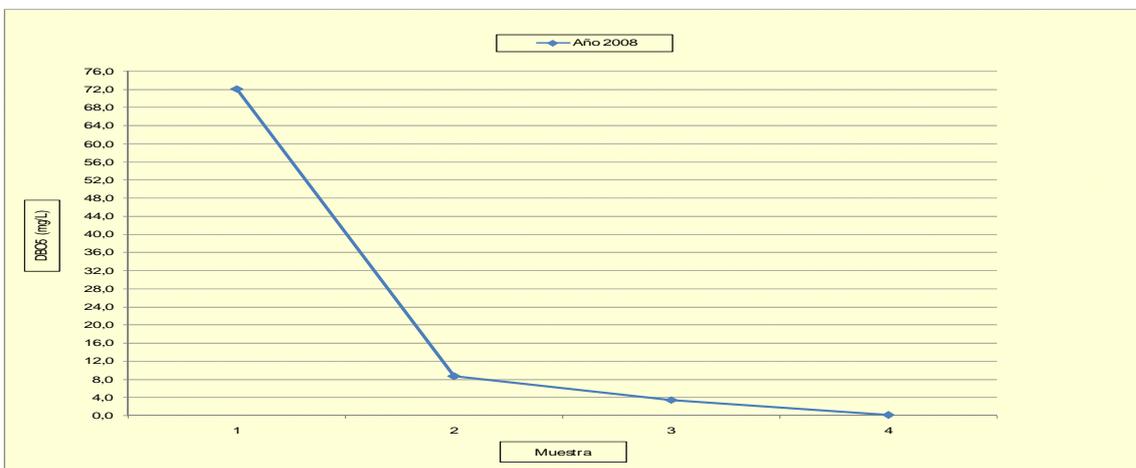


Gráfico No. 38: Variación de Fosfatos del río Caoní

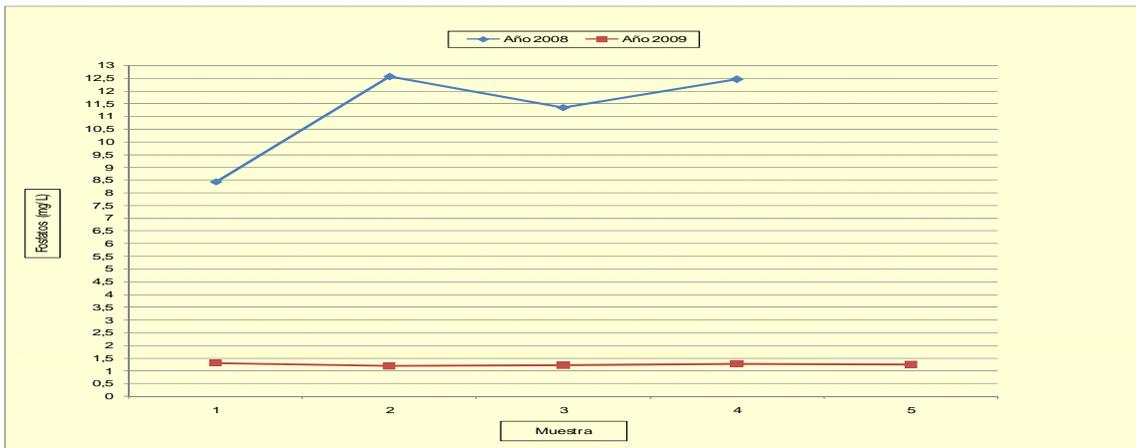


Gráfico No. 39: Variación de Nitratos del río Caoní

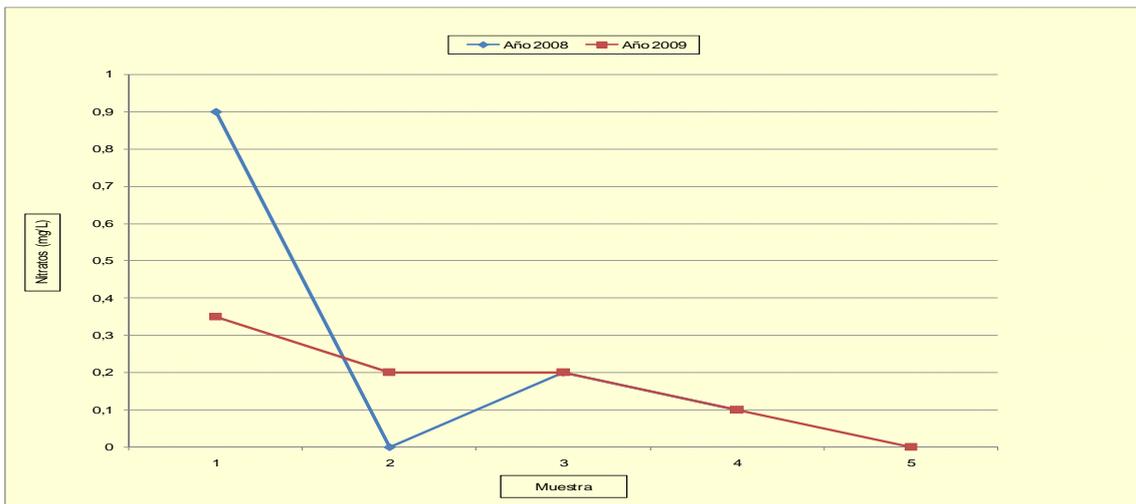
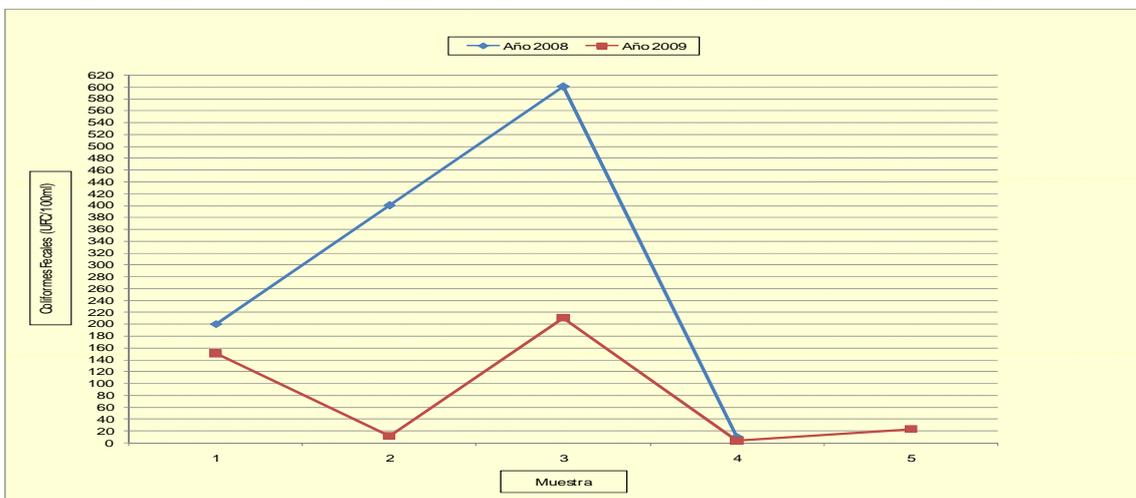


Gráfico No. 40: Variación de Coliformes Fecales del río Caoní



4.3. Cálculo del Índice de Calidad (ICA).-

El ICA fue desarrollado de acuerdo con las siguientes etapas:

- La primera etapa consistió en crear una escala de calificación de acuerdo con los diferentes usos del agua.
- La segunda, involucró una escala de calificación para cada parámetro, factores de ponderación (W_i), de tal forma que se estableciera una correlación entre los diferentes parámetros y su influencia en el grado de contaminación.
- A continuación, se crearon funciones de calidad (Ver Anexo) basados en límites permitidos por la legislación ambiental ecuatoriana (TULAS), para cada parámetro, los cuales convierten los datos físicos en correspondientes valores de calidad por parámetro (SI_i) Ver figura 14.
- Finalmente, los índices por parámetro son promediados a fin de obtener el ICA de la muestra de agua. Ver figura 15.

Tabla 14: Ejemplo del Cálculo de Valor de Calidad

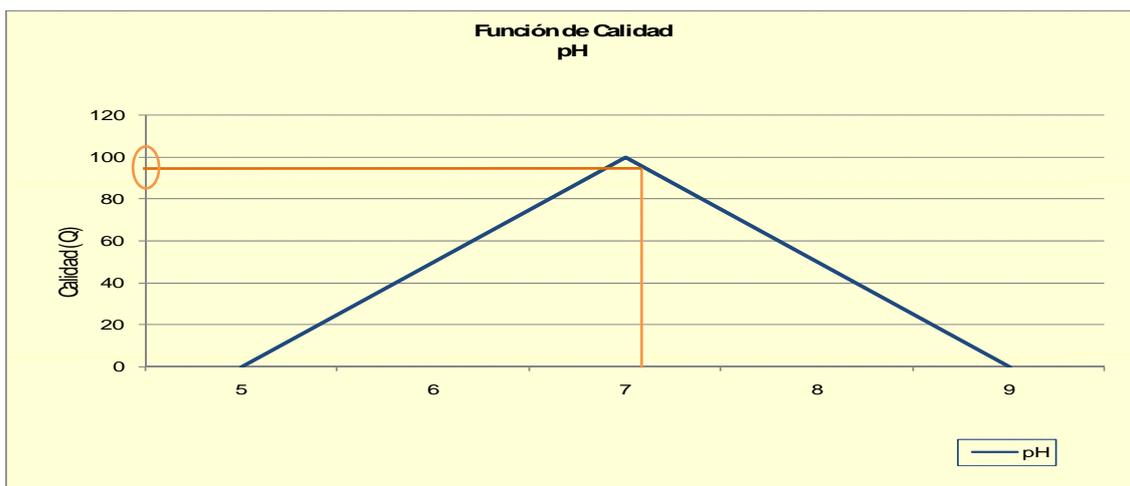


Tabla 15: Ejemplo del Cálculo de Índice de Calidad

Índice de Calidad - Estación 1 (La Isla)- Muestra 1					
Parámetro	Resultado	Unidades	Valor de Calidad	Factor de Ponderación	Subtotal
pH	7,1	NTU	98	0,12	11,77
Temperatura	24,5	°C	90	0,1	9,01
STD	13,0	mg/L	85	0,08	6,81
OD	5,5	mg/L	91	0,17	15,48
DBO5	37,50	mg/L de O2	3	0,1	0,31
Fosfatos	2,38	mg/L	25	0,1	2,51
Nitratos	0,9	mg/L	80	0,1	8,01
Coliformes Fecales	10	UFC/100ml	90	0,15	13,51
Total Índice					67,41

Estación No. 1: (La Isla)

Tabla 16: Cálculo de Índice de Calidad

Índice de Calidad			
2008		2009	
Muestra	Valor	Muestra	Valor
1	67,4	1	55,9
2	79,8	2	64,3
3	69,9	3	68,8
4	80,6	4	64,5
5		5	70,3
Promedio	74,4	Promedio	64,8

Estación No. 2: (Curva Playa)

Tabla 17: Cálculo de Índice de Calidad

Índice de Calidad			
2008		2009	
Muestra	Valor	Muestra	Valor
1	58,2	1	63,4
2	72,6	2	59,2
3	63,4	3	65,5
4	76,2	4	58,7
5		5	70,4
Promedio	67,6	Promedio	63,4

Estación No.3: (Playa)

Tabla 18: Cálculo de Índice de Calidad

Índice de Calidad			
2008		2009	
Muestra	Valor	Muestra	Valor
1	60,3	1	56,1
2	70,0	2	67,0
3	75,1	3	70,0
4	78,8	4	71,4
5		5	70,3
Promedio	71,0	Promedio	67,0

Estación No. 4: (By Pass)

Tabla 19: Cálculo de Índice de Calidad

Índice de Calidad			
2008		2009	
Muestra	Valor	Muestra	Valor
1	57,6	1	63,6
2	57,3	2	59,4
3	58,2	3	64,6
4	76,6	4	58,8
5		5	70,3
Promedio	62,4	Promedio	63,3

Estación No. 5: (Camal)

Tabla 20: Cálculo de Índice de Calidad

Índice de Calidad			
2008		2009	
Muestra	Valor	Muestra	Valor
1	62,1	1	66,6
2	59,7	2	71,2
3	57,2	3	64,6
4	76,6	4	71,5
5		5	70,3
Promedio	63,9	Promedio	68,8

CAPITULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS.-

Los resultados obtenidos demuestran que, en ciertos parámetros los niveles de concentración cumplen con la normativa ambiental vigente; sin embargo otros parámetros rebasan los límites permitidos, por la misma normativa.

5.1. Calidad del Agua:

Estación No. 1

Los resultados obtenidos en este punto muestran condiciones prácticamente normales, sin embargo existen parámetros como el Oxígeno Disuelto (OD) y el DBO₅ que tuvieron un comportamiento diferente.

El OD presentó valores que varían notoriamente de una fecha a otra, tomando en cuenta que todos los datos del 2008 (cuatro muestras) se encontraron por debajo de los 6 mg/L, mientras tanto que en el período de muestreo 2009, únicamente el dato obtenido en la muestra 4, se presentó menor a los 6 mg/L que establece la ley como límite permitido. Cabe recalcar que la ley vigente ecuatoriana establece que el OD no puede ser menor al 80% de oxígeno saturado o menor a 6 mg/L.

En cuanto al DBO₅ se obtuvieron unos valores dentro del límite estipulado por la ley (2 mg/L) y otros que rebasan los límites permisibles, tal es el caso de los datos de la muestra 1 y 3, donde se evidencio la variación de datos entre las diferentes muestras. Los valores obtenidos son únicamente del 2008, ya que en el 2009 no se pudo calcular este parámetro en las muestras de agua, por daños en la máquina del laboratorio.

Estación No. 2

Del análisis de parámetros se pudo constatar que su comportamiento es casi similar entre los períodos 2008 y 2009, a excepción de tres parámetros (Oxígeno Disuelto, DBO₅ y Fosfatos) los cuales tuvieron datos por encima de los límites permitidos.

El Oxígeno Disuelto tuvo dos datos inferiores a lo dispuesto por ley, uno de ellos fue en el 2008 (muestra 1) y otro en el 2009 (muestra 3), pese a esto, los valores obtenidos a lo largo de las jornadas fueron muy parecidos.

El DBO₅ presentó datos que sobre pasan el límite permisible, teniendo como valor mas alto el de la muestra 1, el cual llama la atención, ya que tuvo una gran diferencia al comportamiento que presentaron los otros valores a lo largo de la jornada 2008.

Los valores obtenidos de Fosfatos fueron muy diferentes entre el 2008 y 2009, encontrando valores en la primera jornada por encima de los límites (10 mg/L), mientras que en el 2009 los valores no tuvieron mayor concentración en las muestras, siendo evidente la diferencia de valores obtenidos en cuanto a concentración entre las dos jornadas.

Estación No 3

Los valores obtenidos en las diferentes jornadas de trabajo demostraron que los parámetros monitoreados tuvieron concentraciones dentro de los límites establecidos por la ley, sin embargo existieron parámetros (OD y DBO₅) que presentaron concentraciones que no cumplen con la normativa ambiental.

Los valores obtenidos de OD en la jornada 2008 presentaron cifras inferiores a los 6 mg/L lo que quiere decir que en las cuatro muestras de esta primera etapa de trabajo los datos no cumplían con lo requerido por la ley, con lo cual sabemos que el oxígeno se presentó en bajas concentraciones durante los muestreos. Pero en la jornada 2009 todo cambio, ya que los valores se presentaron sobre el límite permitido, salvo el caso de la muestra 2 que estuvo al límite, con esto podemos ver que algún factor pudo influir en el aumento de Oxígeno en las aguas del río Caoní.

El DBO₅ tuvo datos elevados con relación a la norma ambiental, ya que en tres de las cuatro muestras estos valores sobrepasaron los 2 mg/L, con lo que nos hace pensar que la actividad del sector esta deteriorando la calidad del agua del río.

Estación No. 4

Los resultados de este punto, presentan valores elevados con cuatro parámetros analizados tal es el caso del OD, DBO₅, Fosfatos y Coliformes fecales.

El Oxígeno disuelto en el 2008 se presentó con valores por debajo al límite establecido por la ley en todas sus cuatro muestras, sin embargo comparando con los resultados del 2009 se puede decir que existió un mejoramiento en la concentración de este parámetro ya que sus valores no están por debajo del límite, a excepción de la muestra tres que tuvo un nivel bajo de oxígeno.

Los datos de DBO₅ presentaron un comportamiento descendente, ya que la muestra 1 tuvo el valor más alto de concentración, superando el límite permitido al igual que la muestra 2 y 3 que tuvieron mayor concentración que lo descrito en la ley, pero en la muestra 4 la presencia de este parámetro disminuyó considerablemente al punto que su concentración no superó el límite permisible.

Los Fosfatos tuvieron en la jornada 2008 valores que pasan el límite permisible, estos datos se presentaron en todas las muestras, con relación al 2009 los datos no presentaron ninguna presencia de concentraciones altas, esto indica que con el paso del tiempo el Fosfato disminuyó su presencia en el río.

Los Coliformes Fecales durante las dos jornadas de muestreo se presentaron importantes pero nunca por encima del límite establecido (600 UFC/100ml), sin embargo en la primera jornada de trabajo (2008) un valor subió su nivel sobrepasando el límite, esta concentración se presentó en la muestra 3, la presencia de coliformes se podría justificar, ya que cerca a la estación de muestreo existe un baño público y a su vez se encuentra un desagüe donde se descarga aguas provenientes de la avenida principal de Puerto Quito.

Estación No. 5

En el análisis de esta estación encontramos parámetros (OD, DBO₅ y Fosfatos) que se encuentran en altas concentraciones tomando en cuenta al Texto Unificado de Legislación Ambiental (TULAS).

El análisis de OD demostró datos de que en el 2008 su concentración fue baja alejándose considerablemente del límite, mientras que en el 2009 su concentración se elevó permitiendo llegar a valores que no se acerquen al límite permitido.

El DBO₅ en el 2008 se presentó con datos que sobrepasan el límite permitido por la ley, sin embargo en la muestra 4 el valor del parámetro bajo llegando a un valor cercano a cero, esto quiere decir que la actividad en el sector influye mucho en la calidad del agua.

Los Fosfatos se presentaron elevados en la primera jornada de muestreo en sus cuatro muestras obtenidas, mientras que en el 2009 se repite la disminución de su concentración llegando a valores inferiores a 2 mg/L.

5.2. Índices de Calidad.-

Los valores calculados variaron en las diferentes jornadas de muestreo realizadas, debido al cambio de estación climática (Verano e Invierno) que existe en la zona de Puerto Quito, obteniendo valores altos y bajos en cuanto a la calidad del agua se refiere, en la presente discusión se tomara en cuenta la figura No. 1, la cual representa la escala de calificación o interpretación de cada valor obtenido en el cálculo del ICA.

Estación No. 1:

Los valores encontrados en el cálculo de los índices de calidad en cada jornada de muestreo (Año 2008 y 2009) fueron diferentes teniendo un valor más aceptable en el 2008, ya que tomando en cuenta la escala de clasificación este nos indica que se encuentra en un estado de contaminación leve para uso como agua potable, de calidad aceptable para su uso en agricultura, excelente calidad para actividad pesquera, aceptable para uso industrial y de excelente calidad para uso recreativo.

Con respecto al valor del 2009 nos pudimos dar cuenta que el grado de contaminación en el punto aumento, esto quiere decir que la calidad del agua se redujo considerablemente dándole una clasificación para uso como agua potable de contaminada, para uso agrícola su contaminación es leve, de calidad aceptable para uso pesquero, para uso industrial su calidad es contaminada levemente y para actividades recreativas la calidad es aceptable.

Estación No. 2:

Los resultados obtenidos en el índice de esta estación son preocupantes tanto para la primera jornada como para la segunda jornada, ya que según la escala de clasificación del ICA el agua del río Caoní se encuentra contaminada para uso como agua potable, para uso agrícola contaminación leve, aceptable para uso pesquero, contaminada leve para uso industrial y de calidad aceptable para uso recreativo, llegando a pensar que la actividad del cantón esta perjudicando la calidad de agua del río. Los valores de este punto se encuentran en un rango entre el 60 y 70 por ciento de calidad.

Estación No. 3:

En este punto los resultados mejoraron un poco en comparación de los otros dos puntos de muestreo, pero esto no quiere decir que la calidad de agua del río no deje de estar en un rango de agua contaminada, es mas la calidad de agua con el pasar de los meses disminuyo ya que en el 2008 al agua del río en este punto se la consideraba levemente contaminada, pero en la última jornada de muestreo se evidencio el cambio de calidad esto quiere decir el aumento de contaminación del río.

Estación No. 4:

En este punto los datos obtenidos del ICA son muy parecidos, lo que nos indica que de un año a otro la calidad del agua cambio pero no con mucha notoriedad, el rango de calidad del agua para el río Caoní sigue siendo de contaminada para uso como agua potable, de calidad contaminada leve para actividad agrícola, aceptable calidad para la pesca y vida acuática, para actividad industrial es de contaminación leve y para uso

recreativo es de calidad aceptable, ya que sus valores se encuentran por debajo de un 70%.

Estación No. 5:

La calidad en este punto es similar a la de los demás puntos, ya que en ningún momento su calidad del agua evidencia mejora con respecto al tiempo y distancia, su calidad sigue siendo baja considerada contaminada para consumo humano, para uso agrícola de contaminada leve, de calidad aceptable para la pesca, contaminación leve para la industria y para uso recreativo de calidad aceptable, cabe recalcar la mayoría de veces esta es utilizada para actividades domésticas.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.-

6.1. Conclusiones.-

1. Las actividades humanas de la población del Cantón Puerto Quito influye mucho en el estado del agua del río Caoní, siendo uno de los más importantes el faenamiento que se realiza al ganado en el camal de la ciudad; esta actividad se efectúa los días miércoles y sábado de cada semana.
2. Al considerar los valores de los contaminantes a lo largo de las jornadas de muestreo, y teniendo en cuenta la actividad humana en las riberas del río, con el transcurso del tiempo la calidad de agua del río Caoní disminuye sensiblemente.
3. Considerando un incremento poblacional en la zona, la contaminación con parámetros físico-químicos y biológicos en el río Caoní, podría provocar situaciones adversas como impedimento del uso del agua para consumo humano, quedando limitado su aprovechamiento para actividades recreativas y agrícolas.
4. El índice de calidad simplifica y organiza gran cantidad de datos, llegando ciertamente a sacrificar alguna información, sin embargo permite evaluar el estado del agua con información clara y entendible para definir el uso del agua según su calidad.
5. Uno de los parámetros de mayor importancia en la evaluación de la calidad del agua es el contenido de coliformes fecales, en el presente estudio se observa valores altos lo cual, a mediano plazo podría constituir un grave problema por las consecuencias y enfermedades que este provocaría.
6. El sistema de alcantarillado de Puerto Quito descarga en el río Caoní, provocando una gran alteración a la calidad de agua del mismo, debido a su elevado aporte de microorganismos proveniente de las actividades humanas de los habitantes del lugar.

7. Un punto de especial interés, constituye el camal de la localidad, ya que al realizar actividades de faenamiento, la sangre y vísceras de animales sacrificados llegan al cauce del río, a través de su sistema de canaletas, que conduce material hacia las orillas del río que posteriormente son arrastrados a las aguas del mismo, llegando a causar un gran impacto, ya que la concentración de coliformes en la zona es elevada, reduciendo el uso del agua a muy pocas actividades.
8. La falta de educación y de conciencia por parte de los pobladores del sector hacen más difícil la disminución de contaminantes en el río Caoní, ya que no se dimensiona las consecuencias graves que provocaría la alteración significativa de la calidad de agua.
9. Una muestra mal almacenada y mal transportada puede llevar a la alteración de datos, ya que esto provoca contaminación con agentes extraños al lugar, es decir, una muestra bien manejada arroja datos más certeros y apegados a la realidad.
10. Un muestreo es una manera fácil de obtener datos durante las jornadas de muestreo y con ello se logra realizar cálculos para la interpretación de la calidad del agua.

6.2. Recomendaciones.-

1. Un estudio de calidad de agua de un río se debe iniciar siempre con un estudio previo del sector, caracterizando la calidad del agua, conociendo el uso del recurso hídrico y las necesidades del sector.
2. Al obtener datos de la calidad de agua y las conclusiones que de estos se desprenden, es necesario tomar medidas inmediatas para la reducción de contaminantes que constituyen una amenaza y que pueden convertirse en un gran problema ambiental y sanitario.

3. La población esta en constante crecimiento, es por eso que se debe tomar medidas para evitar más asentamientos en las riberas del río, preservando su calidad.
4. Las autoridades del sector deben realizar campañas de concientización a los pobladores para cuidar los recursos acuíferos que poseen.
5. Las entidades encargadas deben realizar un control exhaustivo para disminuir la presencia de contaminantes en el río, implementando normativas municipales para la mitigación de estos.
6. El municipio debe realizar una reestructuración de su sistema de alcantarillado y a su vez implementar un tratamiento de aguas residuales para la disminución de contaminantes.
7. El camal de Puerto Quito, debe ser reubicado en otro sector, alejado de cursos de agua, tomando las medidas técnicas necesarias como el tratamiento de los efluentes líquidos generados para evitar la contaminación por su actividad.
8. Realizar campañas de educación ambiental en escuelas y colegios de la localidad para incentivar la conciencia ambiental de los pobladores del sector.
9. Buscar apoyo de algunas instituciones municipales o gubernamentales para complementar el estudio debido al alto costo que implica la realización del mismo.
10. Obtener la mayoría de datos posibles para tener representatividad en los resultados.
11. Fomentar la implementación de planes de monitoreo en los diferentes puntos representativos del río para su calidad.

ANEXOS



Foto 1
Vista del río Caoní



Foto 2
Estación de muestreo No. 1



Foto 3
Punto de muestreo No. 4



Foto 4
Medición de Parámetros In Situ

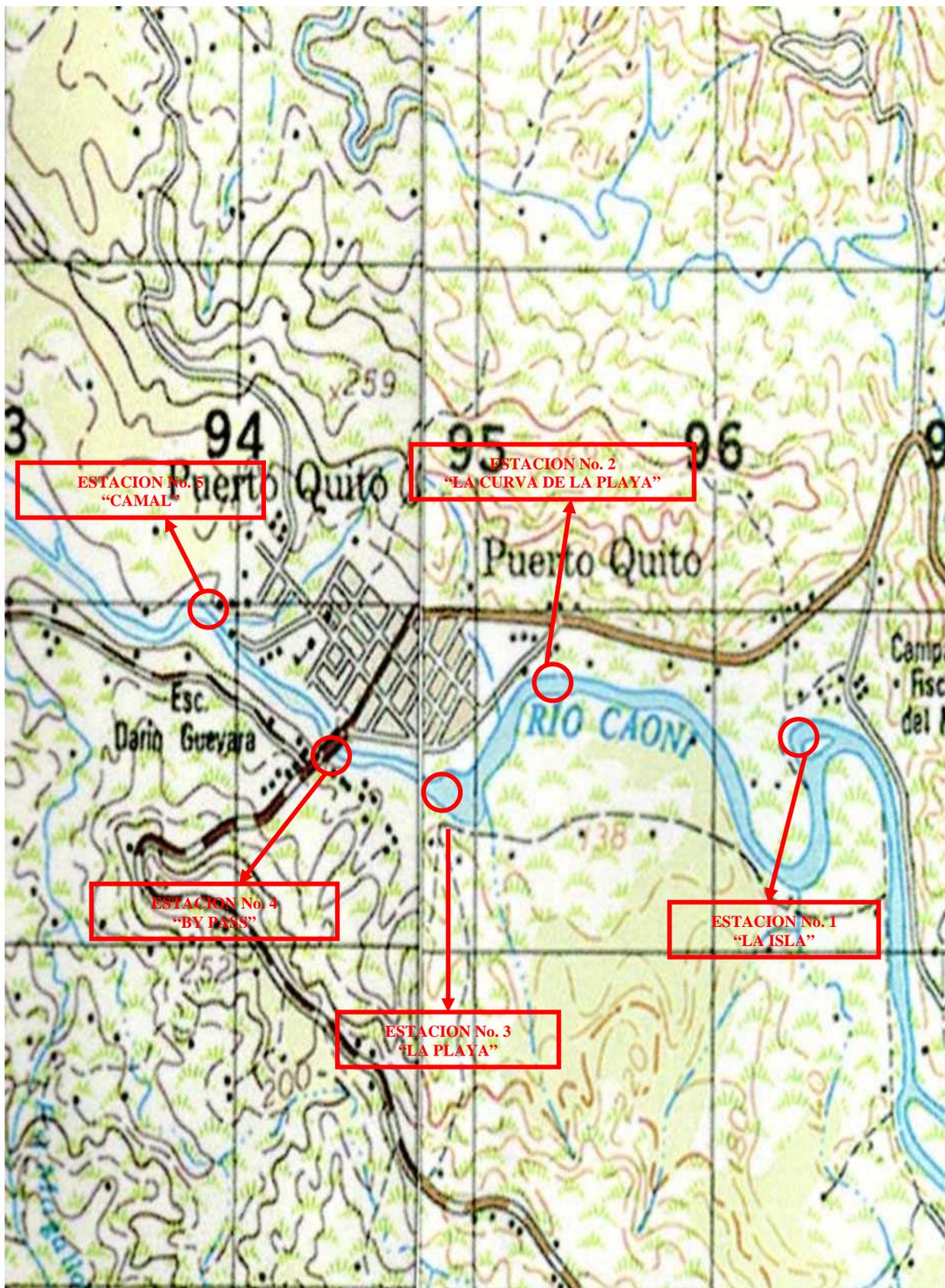


Foto 5
Sonda Multiparametros



Foto 6
Análisis en Laboratorio

Mapa 1
Mapa Físico del Cantón Puerto Quito





UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA, MINAS,
PETRÓLEOS Y AMBIENTAL

LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICOS Y AMBIENTALES
INFORME DE RESULTADOS

Empresa: CARLOS BELMONTE
 Nombre: Carlos Belmonte
 Dirección: Carlos Cabezas N 5036
 Teléfono: 3 303-576

Número de Informe: 08-055
 Fecha: 08-03-13
 Recep. Laboratorio: 08-02-27



ENSAYOS

No OAE LE 2C 06-011

NUMERO DE MUESTRAS: 3 muestras de agua

IDENTIFICACION:

Muestras recibidas en el laboratorio, el LABFIGEMPA, se responsabiliza unicamente de los análisis

1. RESULTADOS ANALITICOS:

Muestra		Muestra N° 2 08-02-25	Muestra N° 4 08-02-25	Muestra N° 5 08-02-25	Método Aplicado	Fecha de ensayo
Matriz		Agua		Agua		
Parámetros	Unidad	Valor		Valor		
*DBO ₅	mg/L	52,1	63,1	72,1	St. Meth. 5210 B Mod	08-02-27
DQO	NTU	402	436	502	St. Meth. 5220	08-03-07
*Sulfatos	mg/L	0,5	1,6	1,1	St. Meth. 4500 SO ₄ E mod	08-02-28
*Fosfatos	mgO ₃ /L	10,33	13,11	8,42	St. Meth. 4500 P E	08-02-28
*Nitratos	mg/L	0,8	0,0	0,9	St. Meth. 4500 NO ₃ E mod	08-02-28
*Cloruros	mg/L	1,44	0,60	1,27	St. Meth. 2500 Cl E mod	08-02-28
*Alcalinidad total	mgCaCO ₃ /L	35	30	20	St. Meth. 2320 B	08-03-06
*Dureza total	mgCaCO ₃ /L	<1,15	12	16	St. Meth. 2340 C	08-03-06
*Detergentes	mg/L	0,030	0,025	0,040	5540 C mod	08-02-28

Notas: Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE

2. RESPONSABLES DEL ANALISIS: Quím. Gabriel Cevallos e Ing. Mélida Vinuesa

Quím. GABRIEL CEVALLOS GONZALEZ
 Director encargado Laboratorio FIGEMPA

Documento válido unicamente con el sello seco de la institución. El laboratorio no se responsabiliza de la reproducción parcial o total del mismo.

Ciudad Universitaria – Gerónimo Leiton y Av. La Gasca – Casilla 872-A – Telfs.: 2550-588 2566-726
 Fax: 2500-306 2566-738 – E-mail: figempa@andinanet.net – Quito - Ecuador

Gráfico No. 41: Función de Calidad de pH

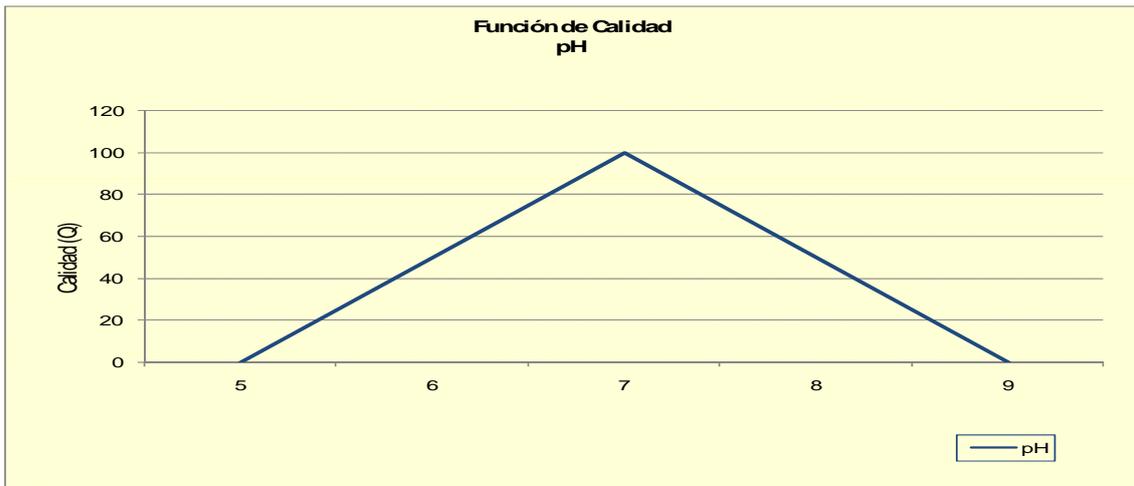


Gráfico No. 42: Función de Calidad de Temperatura

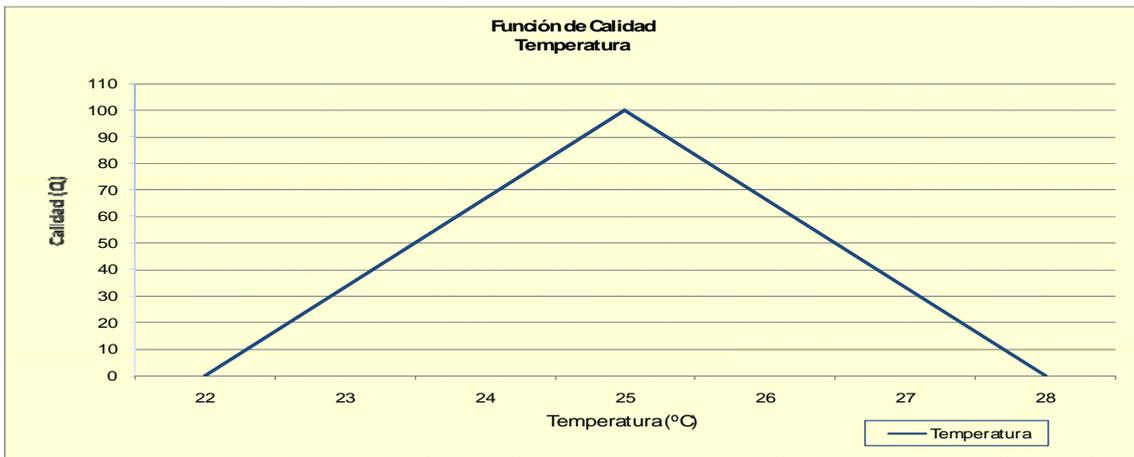


Gráfico No. 42: Función de Calidad de STD

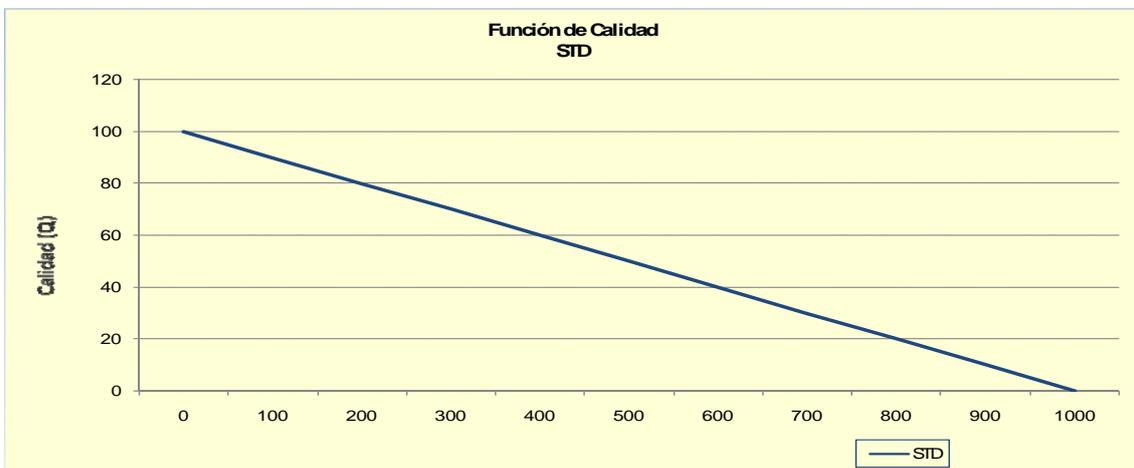


Gráfico No. 43: Función de Calidad de OD

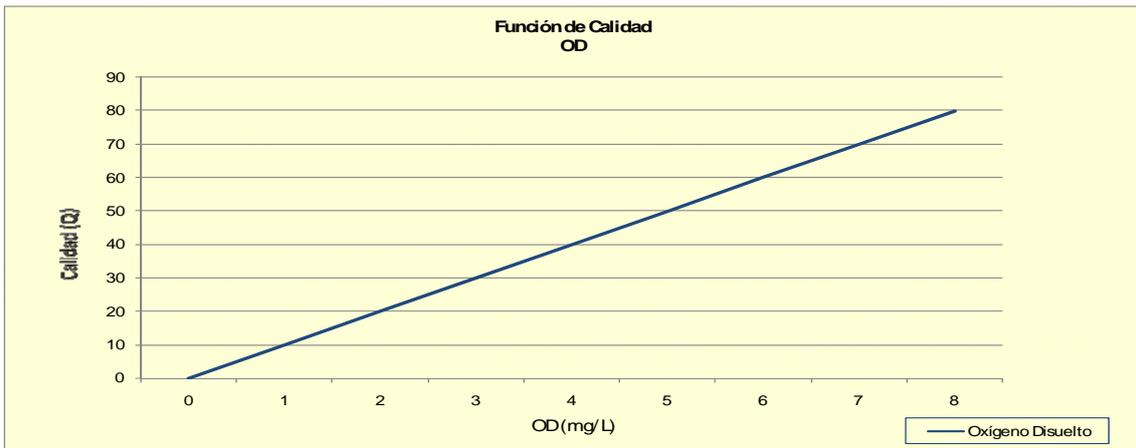


Gráfico No. 44: Función de Calidad de DBO₅

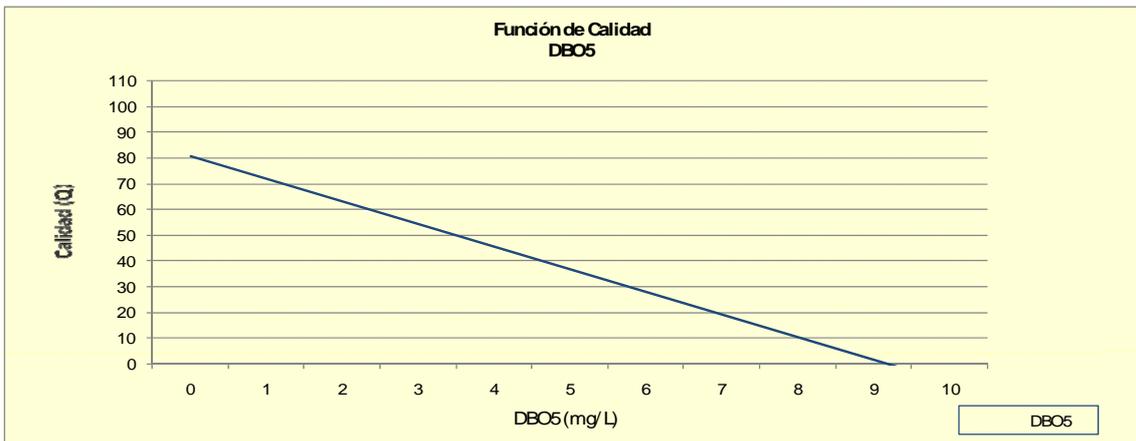


Gráfico No. 45: Función de Calidad de Fosfatos

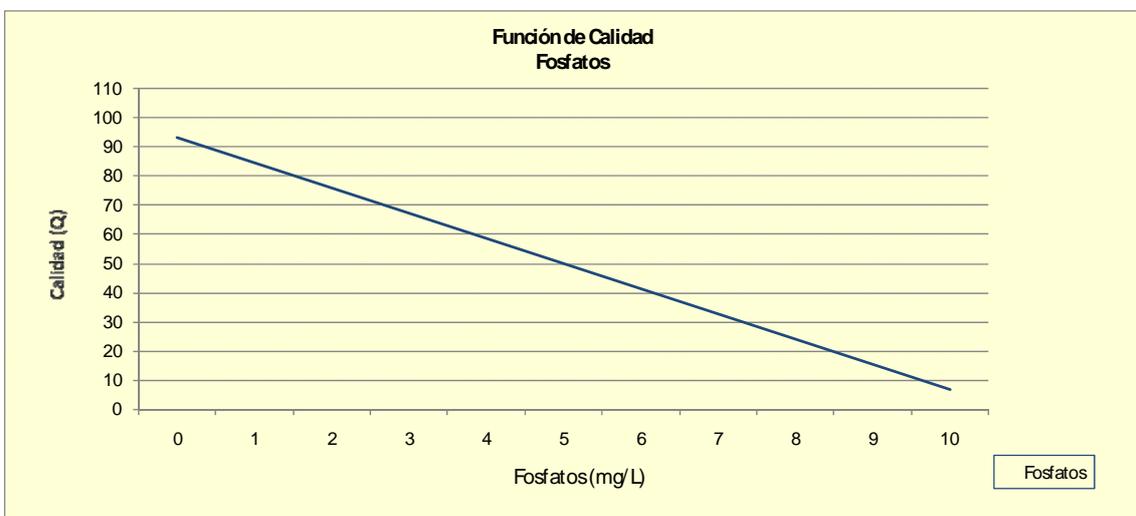


Gráfico No. 46: Función de Calidad de Nitratos

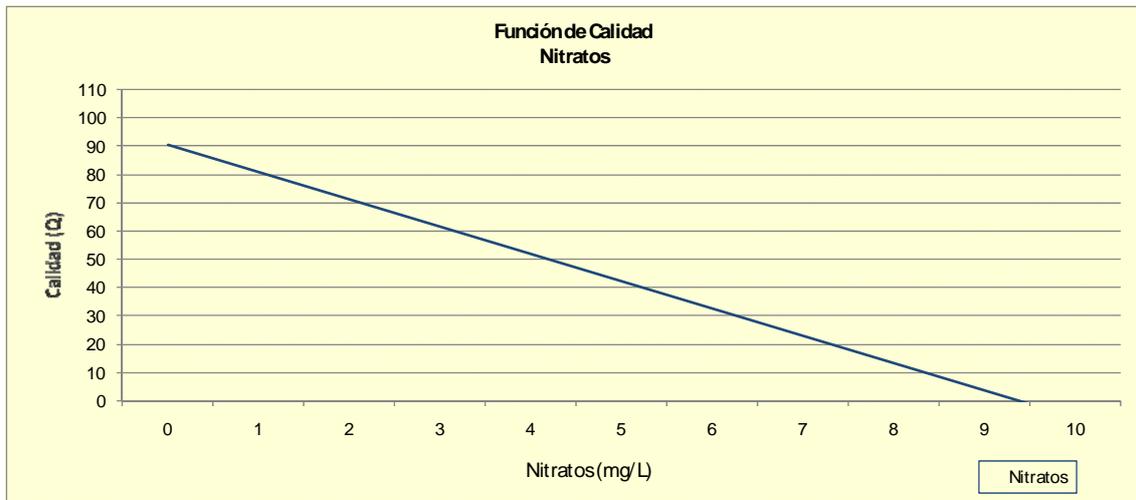
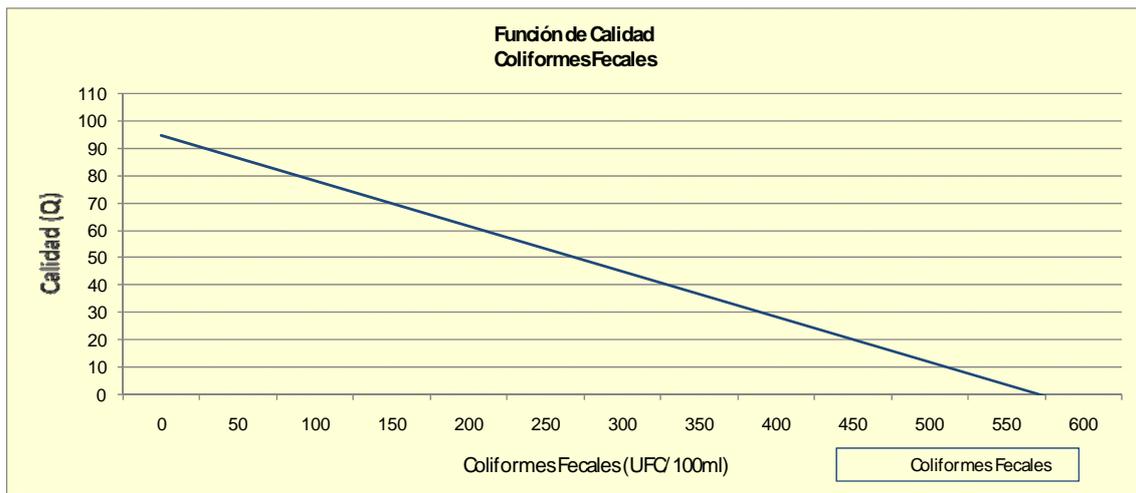


Gráfico No. 44: Función de Calidad de Coliformes Fecales



Bibliografía.-

- **CORAL K, 2004.** *Manual de Ingeniería Ambiental.* Universidad Internacional SEK
- **DMMA, 2005.** *Plan de Manejo de la Calidad del Agua en el Distrito Metropolitano de Quito.* Municipio del Distrito Metropolitano de Quito.
- **DMMA, 2000.** *Diagnostico Ambiental de la Cuenca Hidrográfica del Río Guayllabamba.* Municipio del Distrito Metropolitano de Quito.
- **DMMA, 1998.** *Manual para Muestreo de Aguas y Sedimentos.* Municipio del Distrito Metropolitano de Quito.
- **FERNANDEZ N, 2007.** *Índices de Calidad (Icas) y de Contaminación (Icos) del Agua de Importancia Mundial.* Colombia.
- **GERARD K, 1999.** *Ingeniería Ambiental. Fundamentos, Entornos, Tecnologías y Sistemas de Gestión.* Mc. Graw Hill.
- **INEC, 2001.** *Censo de Población y Vivienda.* República del Ecuador.
- **IDEAM, 2004.** *Guía para el Monitoreo y Seguimiento del Agua.* Bogota, Colombia.
- **QUIROZ J. 1995,** *Análisis Económico de la Contaminación de Aguas en América Latina.* CINDE.
- **LEON L, 1995.** *Índices de Calidad del Agua (ICA), Forma de Estimarlos y Aplicación en la Cuenca Lerma-Chapala.* Morelos, México.
- **NATIONAL SANITATION FOUNDATION (NSF), 1980.** *Water Quality Index,* Estados Unidos.
- **R.O. No. 337, 2004.** *Codificación de la Ley de Aguas.* República del Ecuador.
- **R.O. No. 245, 1997.** *Ley de Gestión Ambiental.* República del Ecuador.
- **R.O. No. 3516, 2003.** *Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario (TULAS), Anexo 1 del Libro VI.* República del Ecuador.
- [http://www.ciencia.glosario.net/medio-ambiente-acuatico.](http://www.ciencia.glosario.net/medio-ambiente-acuatico)

- <http://www.uady.mx/biomedic/revbiomed/pdf>.
- <http://www.cepis.ops-oms.org/eswww/fulltext/repind48/uso/uso.html>.
- <http://www.puertoquito.gov.ec/atractivoturistico.html>