

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
RECURSOS NATURALES

TÍTULO:

“IDENTIFICACIÓN DE LOS FOCOS DE CONTAMINACIÓN PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS PRINCIPALES CONTAMINANTES EN EL RÍO PUMACUNCHI, EN EL TRAMO QUE PERTENECE A LAS COORDENADAS, DESDE: 17, 756997 E y 9913926 N cota 3089 msnm, HASTA: 17, 762590 E y 9906512 N cota 2882 msnm, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”.

Tesis de Grado Previo a la obtención del Título de: **INGENIERO EN MEDIO AMBIENTE**

Autor:

Barahona Jami Luis Oswaldo

Director de Tesis:

Ing. MSc. Vladimir Ortiz Bustamante

Cotopaxi-Ecuador

2013

AUTORIA

Yo Luis Oswaldo Barahona Jami me hago responsable de todo lo expuesto en el presente trabajo de tesis, así mismo los derechos del trabajo titulado: “Identificación de los focos de contaminación para la determinación de los principales contaminantes en el río Pumacunchi, en el tramo que pertenece a las coordenadas, desde: 17, 756997 E y 9913926 N cota 3089 msnm., hasta: 17, 762590 E y 9906512 N cota 2882 msnm.” Pertenecen a la Universidad Técnica de Cotopaxi para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Luis Oswaldo Barahona Jami

AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS

Yo, **Ing. Vladimir Marconi Ortiz Bustamante MSc.** Portador de C.I. 050218845-1 Docente de la Universidad Técnica de Cotopaxi y Director de la Presente Tesis de Grado: **“Identificación de los focos de contaminación para la determinación de los principales contaminantes en el río Pumacunchi, en el tramo que pertenece a las coordenadas, desde: 17, 756997 E y 9913926 N cota 3089 msnm, hasta: 17, 762590 E y 9906512 N cota 2882 msnm, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi”**, de autoría del señor Barahona Jami Luis Oswaldo, de la especialidad de Ingeniería en Medio Ambiente.

CERTIFICO: que el documento en mención, ha sido prolijamente revisado. Por tanto autorizo la presentación del mismo, ya que está de acuerdo a las normas establecidas en el **REGLAMENTO INTERNO DE GRADUACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**, vigente.

Ing. MSc. Vladimir Ortiz B.

Director de tesis

AVAL DEL TRIBUNAL DE DEFENSA DE TESIS

Luego de haber revisado prolijamente la Tesis de Grado con el tema: **“Identificación de los focos de contaminación para la determinación de los principales contaminantes en el río Pumacunchi, en el tramo que pertenece a las coordenadas, desde: 17, 756997 E y 9913926 N cota 3089 msnm, hasta: 17, 762590 E y 9906512 N cota 2882 msnm, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi”**, de autoría del señor Barahona Jami Luis Oswaldo, de la especialidad de Ingeniería en Medio Ambiente, los miembros del tribunal, una vez realizada la defensa de tesis por parte del mencionado alumno y haber revisado la misma, **CERTIFICAMOS**: que el presente trabajo de investigación está de acuerdo a las normas establecidas en el **REGLAMENTO INTERNO DE GRADUACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**, vigente.

Atentamente

Ing. Renán Lara
Presidente

Ing. Alicia Porras
Opositora

Ing. MSc. Patricio Clavijo
Miembro

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, yo Lcda. Lorena Gonzales Ortiz con la C.C. 100237727-1 CERTIFICO que he realizado la respectiva revisión del Abstract; con el tema: **“Identificación de los focos de contaminación para la determinación de los principales contaminantes en el río Pumacunchi, en el tramo que pertenece a las coordenadas, desde: 17, 756997 E y 9913926 N cota 3089 msnm, hasta: 17, 762590 E y 9906512 N cota 2882 msnm, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi.”** cuyo autor es el señor Luis Oswaldo Barahona Jami y director de tesis Ing. MSc Vladimir Ortiz.

Latacunga, 16 de Diciembre del 2013

Lcda. Lorena Gonzales Ortiz
C.I. 100237727-1

AGRADECIMIENTO

A Dios por otorgarme salud y vida.

A mi director de tesis Ing. MSc. Vladimir Ortiz, quien en todo momento me brindó su apoyo y fue un guía en el trabajo realizado.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por permitirme acceder a una educación superior con miras a formarme como profesional útil a la sociedad.

Por último agradezco a todos mis familiares, amigos y aquellos que de una u otra forma me apoyaron para la realización de este trabajo de Tesis.

DEDICATORIA

A mis queridos padres Ángel y Rosa, por darme la vida y educarme para ser una persona de bien, y a todos mis hermanos por su apoyo incondicional.

A mi esposa Patricia que con su apoyo, comprensión y cariño me ha dado la fuerza necesaria para culminar mi carrera.

A todos mis Profesores que formaron parte de la formación integral y pedagógica en cada una de mis etapas.

ÍNDICE

CONTENIDO	PÁGINA
RESUMEN	i
SUMMARY	ii
INTRODUCCIÓN	iii
JUSTIFICACIÓN	v
OBJETIVOS	vi
CAPITULO I	
1. FUNDAMENTACIÓN TEORICA	1
1.1. El Agua.....	1
<i>1.1.1. La disponibilidad del recurso en el mundo.....</i>	1
1.2. Los usos del agua.....	3
<i>1.2.1. La agricultura.....</i>	3
<i>1.2.2. La industria.....</i>	3
<i>1.2.3. El consumo doméstico.....</i>	4
1.3. El valor del agua.....	6
<i>1.3.1. El valor económico del agua.....</i>	6
<i>1.3.2. El valor social del agua.....</i>	9
<i>1.3.3. El valor cultural del agua.....</i>	11
1.4. El agua y sus usos en el Ecuador.....	11
<i>1.4.1. El marco jurídico institucional.....</i>	11
<i>1.4.2. El agua de consumo humano.....</i>	12
<i>1.4.3. El riego.....</i>	15
1.5. Contaminación del agua.....	16
<i>1.5.1. Tipos de contaminación del agua.....</i>	17
<i>1.5.1.1. Puntual.....</i>	17
<i>1.5.1.2. Difusa.....</i>	17
<i>1.5.2. Tipos de agua en función del origen de su contaminación.....</i>	17
<i>1.5.3. Origen de la contaminación.....</i>	18
<i>1.5.3.1. Natural.....</i>	18
<i>1.5.3.2. Antropogénico.....</i>	18

1.5.4. <i>Los contaminantes del agua</i>	18
1.5.4.1. <i>Contaminantes físicos y sus alteraciones</i>	19
1.5.4.2. <i>Contaminantes químicos y sus alteraciones</i>	20
1.5.4.3. <i>Contaminantes biológicos y sus alteraciones</i>	25
1.5.5. <i>La contaminación de las aguas en el Ecuador</i>	26
1.5.6. <i>La contaminación de las aguas en Cotopaxi</i>	28
1.6. Muestreo y Análisis.....	30
1.6.1. <i>Muestreo</i>	30
1.6.2. <i>Métodos analíticos</i>	32
1.6.2.1. <i>Análisis gravimétricos</i>	32
1.6.2.2. <i>Análisis volumétrico</i>	32
1.6.2.3. <i>Análisis colorimétrico</i>	33
1.6.3. <i>Análisis automatizados y monitoreo a distancia</i>	34
1.7. Aguas residuales.....	35
1.7.1. <i>Sistema de tratamientos de aguas residuales</i>	36
1.7.2. <i>Pasos de tratamiento</i>	37
1.7.3. <i>Sistemas de tratamiento biológicos</i>	38
1.7.3.1. <i>Estanques de lodos activos</i>	38
1.7.3.2. <i>Tratamiento anaerobio</i>	39
1.7.3.3. <i>Humedales artificiales</i>	40
1.8. Aspectos Legales.....	40
CAPITULO II	
2. MATERIALES Y MÉTODOS	48
2.1. Metodología.....	48
2.2. Métodos.....	48
2.3. Técnicas.....	49
2.4. Materiales.....	49
2.5. Descripción del área de estudio.....	50
2.5.1. <i>Ubicación</i>	52
2.5.2 <i>Aspecto Geográfico</i>	53
2.6. Descripción de focos de contaminación identificados.....	56
2.7. Recolección de muestras.....	63

2.7.1 Parámetros.....	63
CAPITULO III	
3. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	66
3.1. Contaminantes directos del río Pumacunchi.....	66
3.1.1. Descarga de alcantarillado.....	66
3.1.2. Botadero de basura en el río y sus orillas.....	67
3.2. Contaminantes indirectos del río Pumacunchi.....	67
3.2.1. Plantaciones florícolas.....	67
3.2.2. Cultivos con fines comerciales.....	68
3.2.3. Contaminación natural.....	68
3.3. Interpretación de resultados.....	69
3.3.1 Análisis general de resultados.....	82
3.4. Propuesta sugerida.....	83
3.4.1. Introducción.....	83
3.4.2. Justificación.....	83
3.4.3. Objetivos de la propuesta.....	84
3.4.4. Modelo del sistema de tratamiento propuesto.....	85
3.4.5. Operación y mantenimiento.....	91
CONCLUSIONES.....	94
RECOMENDACIONES.....	95
BIBLIOGRAFÍAS.....	96
ANEXOS.....	99

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1: Disponibilidad de agua con respecto a la población en el mundo.....	2
TABLA N° 2: Consumo de agua para producción industrial.....	4
TABLA N° 3: Acceso de población a los servicios de agua potable y alcantarillado.....	13
TABLA N° 4: Alteraciones físicas del agua.....	19
TABLA N° 5: Alteraciones químicas del agua.....	23
TABLA N° 6: Alteraciones biológicas del agua.....	26
TABLA N° 7: Norma Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.....	42
TABLA N° 8: Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola.....	43
TABLA N° 9: Criterios de calidad admisibles para aguas de uso pecuario.....	44
TABLA N° 10: Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2176:98 Métodos de preservación de muestras de aguas.....	46
TABLA N° 11: Especies vegetales existentes en la zona.....	55
TABLA N° 12: Parámetros físico-químicos y bacteriológicos.....	63
TABLA N° 13: Comparación de resultados de la muestra N° 1, con los criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola según el TULAS...	69
TABLA N° 14: Comparación de resultados de la muestra N° 2, con los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce según el TULAS.....	73
TABLA N° 15: Comparación de resultados de la muestra N° 3, con los criterios de calidad admisibles para aguas de uso pecuario según el TULAS...	77
TABLA N° 16: Resultados de los diferentes análisis del parámetro Boro.....	81

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO N° 1: Representación gráfica de resultados de la muestra N° 1, con los criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola según el TULAS.....	72
GRÁFICO N° 2: Representación gráfica de los resultados de la muestra N° 2, con los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce según el TULAS.....	76
GRÁFICO N° 3: Representación gráfica de resultados de la muestra N° 3, con los criterios de calidad admisibles para aguas de uso pecuario según el TULAS.....	80

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1: Variaciones típicas de flujo y de concentración en un albañal durante clima seco.....	31
FIGURA N° 2: Ubicación del río Pumacunchi en el mapa de Cotopaxi.....	54
FIGURA N° 3: Ubicación de focos de contaminación, según coordenadas UTM, en el mapa cartográfico del cantón Latacunga.....	62
FIGURA N° 4: Modelo del sistema de tratamiento propuesto.....	86

RESUMEN

El crecimiento demográfico hace que surjan necesidades que no son atendidas debidamente, esto causa que la actividad humana sea el principal contaminante del agua. El presente trabajo se desarrolló con el objetivo de identificar focos de contaminación y determinar en qué niveles se encuentran sustancias extrañas en el río Pumacunchi, ya que es uno de los principales afluentes del río Cutuchi.

Después de diferentes observaciones se identificó algunos factores que alteran la composición original del agua, los principales son: los botaderos de basura en el río y sus orillas, siendo el que genera mayor impacto ambiental el botadero en el sector denominado puente de Saquisilí, así también las diferentes descargas de aguas servidas, de las parroquias de Toacazo y Guaytacama, directamente al río sin un previo tratamiento. Se recolectó cuatro muestras de diferentes puntos, tres muestras del agua del río y una muestra de la descarga de aguas servidas de la parroquia Guaytacama, para el análisis físico, químico y bacteriológico.

De acuerdo a los resultados de los análisis obtenidos y en comparación con los criterios de calidad del agua para diferentes actividades según el TULAS. Se determinó que sobrepasan los niveles permisibles para agua de uso agrícola en los parámetros: aceites y grasas en 2766%, coliformes totales en 242% y boro en 315%. Para agua de uso pecuario: coliformes fecales en 242%. Para una descarga a un cuerpo de agua dulce: aceites y grasas en 3733%. Comprobando de esta manera que el agua del río Pumacunchi se encuentra contaminada por estas sustancias, en niveles considerablemente altas. También que el principal contaminante es el hombre, así mismo se verificó que existe contaminación natural por la presencia elevada del boro, ya que sus fuentes atraviesan formaciones de tipo volcánico.

SUMMARY

Through the population growth the necessities increase but they are not arise adequately, this causes that human activity is the primary pollutant of water. The following work was developed with the purpose to identify polluted areas and determine in which level are strange substances found in the Pumacunchi river, as it is one of the main tributaries of the Cutuchi river.

After various comments we could find some factors that the original composition of water that was identified, the main ones are: trash change in the river and shore, but the great impact is in Saquisilí's bridge, as well as water waste disposals to the river, of the parishes of Toacazo and Guaytacama, directly into the river without previous treatment. Four samples from different points, three of them were from river water and the other direct discharge of residual water from Guaytacama parish, for physical, chemical and bacteriological analysis was collected.

According to the test's results obtained and compared about the water quality criteria for different activities according TULAS. It was determined that exceed permissible levels water for agricultural use in the parameters: Oils and fats in 2766%, Total coliforms in 242% and boron in 315%. Water for livestock use: fecal coliforms in 242%. For a discharge to bodies of fresh water: Oils and fats in 3733%. Moreover, we determined that the Pumacunchi's river water is polluted by these substances, in ranges extremely high. In addition, the main and directly polluter is the human, so also verified that exist nature pollution for the presence elevate of boron, because its fountain go across formations of volcanic type.

INTRODUCCIÓN

Si miramos hacia atrás, hasta el tiempo de nuestros abuelos, donde los seres humanos amaban y respetaban más a la naturaleza. Entonces el agua era abundante, corría cristalina por los ríos, manaba transparente de las fuentes, de la tierra y de las piedras.

Si miramos aquí a la vuelta de la esquina, para ver que el agua es cada vez más escasa, nuestros ríos están contaminados y turbios, se secan las fuentes, bajan los caudales.

El agua al igual que los demás recursos naturales, es la esencia principal de la vida y la productividad, constituyéndose en la base de riqueza y subsistencia de los países del mundo, por lo cual el uso y aprovechamiento de este recurso natural en la actualidad es un negocio, revistiendo una importancia estratégica para las economías de los países. (GARCIA, 2007).

La contaminación del agua atenta no sólo contra la supervivencia de los seres que habita en ella, sino también contra quienes beben de las fuentes contaminadas, sean seres humanos, animales o plantas.

La OMS en el 2008 señala que una importante fracción de la carga de enfermedades relacionadas con el agua se atribuyen a la manera como se desarrolla y manejan los recursos hídricos. En muchas partes del mundo, los impactos adversos a la salud originados por la contaminación del agua, la construcción de represas, las obras de irrigación y el control de inundaciones son la causa de una carga significativa de enfermedades.

Si queremos mirar a la humanidad en el futuro, debemos precautelar el patrimonio más valioso del planeta y luchar sin tregua para que el agua sea un derecho de todos, sin excepción ninguna. Rechazando todo tipo de actividad que, altere las condiciones físicas, químicas y biológicas de nuestros recursos hídricos.

Es importante identificar y determinar los factores contaminantes en el cauce de un río, es común observar que residuos sólidos de toda clase son desechados en las orillas de los diferentes ríos de la provincia de Cotopaxi, así también las aguas servidas son depositadas directamente sin tener ningún tipo de tratamiento técnico, por lo que desconocemos las sustancias extrañas presentes en estas aguas y sin tomar ninguna medida de precaución se lo utiliza para diferentes actividades como: la agricultura y ganadería. Por lo tanto es importante la investigación de las cuencas hídricas, en este caso del río Pumacunchi para proponer medidas correctivas.

JUSTIFICACIÓN

En la actualidad existe poca información referente al río Pumacunchi, así como datos relacionados sobre la contaminación y los efectos que afectan a la salud humana, o al ambiente de la misma. Ya que la presencia de nitratos (sales del ácido nítrico) en el agua puede producir enfermedades gastrointestinales, especialmente en niños.

El presente trabajo de investigación está encaminado a recopilar datos sobre los diferentes focos de contaminación y los principales tipos de contaminantes que existen en el río Pumacunchi, en el tramo indicado, de esta manera se contara con información confiable sobre los efectos que causan el manejo inadecuado de los desechos, también la utilización de estas aguas para diferentes actividades tales como riego para la agricultura, consumo humano, consumo animal y otras.

Al identificar los focos de contaminación de este río y los tipos de contaminantes que producen, se podrá proponer, sistemas de tratamientos de aguas y programas para minimizar la contaminación, como también el manejo adecuado de esta cuenca hídrica. De esta manera las autoridades competentes, al conocer los resultados de la investigación, puedan tomar cartas en el asunto.

Una vez terminada la investigación, el documento servirá como fuente de consulta para estudiantes, así mismo para futuras investigaciones a realizar en este río.

OBJETIVOS:

General:

Identificar los focos de contaminación y los principales contaminantes del río Pumacunchi, en el tramo que pertenece a las coordenadas, desde: 17, 756997 E y 9913926 N cota 3089 msnm, hasta: 17, 762590 E y 9906512 N cota 2882 msnm, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, periodo 2013.

Específicos:

- Realizar un análisis teórico, metodológico y legal de los procesos de contaminación del agua.
- Describir el proceso metodológico para el muestreo, análisis y selección de focos de contaminación del río Pumacunchi.
- Desarrollar el análisis de las muestras de agua y de focos de contaminación seleccionadas.
- Sugerir un plan de manejo para minimizar la contaminación del río Pumacunchi.

CAPÍTULO I

1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

1.1 El Agua.

1.1.1 La disponibilidad del recurso en el mundo.

Según diversos datos publicados en la última década por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), el Fondo Mundial para la Agricultura (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), el problema mayor que afronta la humanidad a principios de este siglo, es obtener los medios para satisfacer las necesidades básicas a las que no tienen acceso millones de seres humanos. Una necesidad muy importante es el agua que como hemos visto, se ve seriamente afectada por la depredación de la naturaleza y el efecto invernadero.

El agua está distribuida de manera desigual entre los distintos continentes. Pero además hay que considerar que, dentro de cada continente, también la distribución es desigual. En algunos lugares abunda y en otros es muy escasa.

Como podemos observar en la tabla N° 1, existen continentes que tienen serios problemas de disponibilidad de agua en relación a la población que los habita. Europa y África son los que tienen una situación más crítica.

TABLA N° 1. Disponibilidad de agua con respecto a la población en el mundo.

	Australia y Oceanía	Sud América	Norte y Centro América	África	Europa	Asia
% población del mundo	5%	6%	8%	13%	13%	60%
% agua disponible en el mundo	1%	26%	15%	11%	8%	36%

Fuente: **GARCIA, 2007.**

Asia, un continente superpoblado con el 60% de población del mundo, tiene también el mayor porcentaje de agua disponible, el 36% de toda el agua que existe en el mundo. Pero el problema de la superpoblación ocasiona que en muchos lugares haya escasez. El río Amarillo de China, por ejemplo, tiene tal demanda de agua de agricultores y ciudades, que en la década de los 90 no pudo llegar al mar casi ningún año.

Podría decirse que Norte y Centro América no tiene mayores inconvenientes con el agua todavía. Sin embargo, algunas zonas de México y del Oeste de Norte América, ya tiene graves problemas. Estados Unidos casi ha agotado algunos de sus ríos más caudalosos de la costa occidental. El río Colorado, por ejemplo, apenas logra llegar al mar. En el año 2001 el río Bravo se secó antes de llegar al golfo de México.

América del Sur es un continente que cuenta con una gran disponibilidad de agua (26% del total mundial), para una población que alcanza el 6% del total mundial. Esto se debe a que cuenta con caudalosos ríos como el Amazonas en Brasil, el río de la Plata en Argentina-Uruguay, el Guayas en Ecuador y el Magdalena en Colombia.

Sin embargo existen vastas zonas de Argentina, Brasil, Chile, Perú y Bolivia, que sufren escasez de agua.

Ecuador es un país privilegiado en cuanto a la disponibilidad de agua. Dispone de 40.000 m³ por persona al año (2,5 veces superior al promedio mundial), mientras Perú, por ejemplo, solo cuenta con 1.548 m³. Sin embargo, también tenemos zonas críticas en cuanto a disponibilidad de agua como Manabí y Loja.

1.2 Los usos del agua.

Según la Asociación Equipo Maíz, 2001, se estiman que en el mundo se consumen más de 4300 Km³ de agua al año. Esta cifra equivale al 30% del total de agua renovable existente en el planeta.

1.2.1 La agricultura. Utiliza el 70 % del agua que se consume en el mundo. Pero se estima que más de la mitad de esta agua se pierde por evaporación y por problemas de conducción en los sistemas de riego por gravedad. La eficiencia de los sistemas de riego por gravedad va en un rango del 30 al 60%, en el riego por aspersión la eficiencia aumenta a un rango del 80 al 85%, en riego por goteo la eficiencia es mayor al 90 %.

1.2.2 La industria. Según BALOW y CLARKE, 2004, utiliza el 20% del agua que se consume en el mundo, pero a menudo de manera ineficiente. “Muchas de las industrias mundiales de más rápido crecimiento utilizan agua de manera intensiva. Por ejemplo, solamente en los Estados Unidos, la industria informática usará dentro de poco más de mil quinientos millones de metros cúbicos de agua al año”.

CALZADILLA, 2010, nos comentan que el agua es usada en grandes cantidades en las hidroeléctricas, siendo este recurso el que genera mayor potencial de producción de energía eléctrica a nivel mundial, produciendo solo en un país 31410 MWh al año alcanzando la producción máxima anual de energía.

El Ecuador apenas utiliza el 3% de agua en actividades industriales. Cuenta con 33 centrales hidroeléctricas que producen el 51% de energía del país. Pero Ecuador podría producir mucha más energía hidráulica de la que actualmente produce. En el país se utiliza menos del 5% del potencial hidráulico de la cordillera de los Andes.

Veamos en la tabla N° 2, algunos ejemplos de las cantidades de agua que ocupa la industria para producir distintos productos:

TABLA N° 2. Consumo de agua para producción industrial.

CANTIDAD LITROS	CANTIDAD PRODUCTO
3.500	1 tonelada de cemento
1.400	1 kilogramo de caucho sintético
550.000	1 tonelada de lana
250.000	1 tonelada de acero
220.000 a 380.000	1 tonelada de papel

Fuente: **Asociación equipo maíz, 2001.**

1.2.3 El consumo doméstico. Utiliza el 10% del agua que se consume en el mundo. Hay que tener en cuenta que en los últimos 50 años la población del planeta se duplicado. Actualmente la humanidad tiene 6200 millones de habitantes. De esa cantidad, 1500 millones no tiene acceso al agua potable y cerca

de 2500 millones (4 de cada 10 personas) no cuentan con alcantarillado y sistemas de drenaje adecuados.

Para el año 2050, de acuerdo a las tasas de crecimiento, se espera en el mundo este poblado por cerca de 9 mil millones de personas.

Hace poco tiempo, las Naciones Unidas declararon que, en el año 2025, si el consumo se mantiene en los mismos niveles que en la actualidad, 2700 millones de personas sufrirán una severa escasez de agua, apenas iniciando el siglo XXI, 3,4 millones de personas mueren cada año por causa de enfermedades transmitidas por el agua, entre ellos 5000 niños al día. (GARCIA, 2007).

Pese a que el agua potable es necesaria para la vida, cada vez es más difícil obtenerla debido a la contaminación, a la demanda creciente de una población en aumento, a la escasez producida por las alteraciones climáticas y a que, cada vez con mayor agresividad, es transformada en una mercancía cuya venta excluye a los más pobres de la tierra.

BALOW y CLARKE, 2004, manifiestan que la combinación de un incremento en la demanda y una reducción de las existencias han traído el interés de las corporaciones globales que quieren vender el agua para obtener un beneficio, el banco Mundial pregona que la industria del agua es un negocio potencial de miles de millones de dólares.

El agua se ha convertido en el oro azul del siglo XXI. Por ello, cada vez con más fuerza se difunde y consolida un movimiento humanista que propone que se reconozca al agua como bien común, patrimonio mundial, perteneciente a la

humanidad y a todas las especies vivientes, que debe ser gestionada por entidades públicas.

Este movimiento sostiene que, entre el 2020 y el 2025, 3 mil o 4 mil millones de seres humanos, no tendrán acceso al agua si se deja el gobierno del agua bajo las orientaciones privatizadoras, que predominan en la actualidad en los países ricos y en las élites de los países del tercer mundo.

1.3 El valor del agua.

1.3.1 El valor económico del agua.

El agua tiene un inmenso valor ambiental, cumple una función imprescindible para la vida de los seres humanos, los animales y las plantas. Por las múltiples funciones que cumple, es difícil establecer en dinero su valor real. En otras palabras, cualquier precio que se ponga al agua nunca va a corresponder a su valor real, a todo lo que ella aporta para la vida.

Por otro lado, los usuarios pueden reconocer un altísimo valor al agua, sin que esto necesariamente se refleje en pagar un precio alto por ella. Esto ocurre, sobre todo, en las economías campesinas.

GASSELIN y ZAPATTA, 2005, manifiestan que los campesinos e indígenas asignan un valor social y cultural al agua, a los ríos, lagos, vertientes, a la lluvia, como al agua de riego. Pero también dan un valor económico, saben que el agua reduce las posibilidades de riesgo en la producción, que por lo tanto es un factor de incremento de la productividad.

En los últimos 20 años, a partir de los procesos de ajuste estructural impulsados por el Banco Mundial, Fondo Monetario Internacional, Banco Interamericano de Desarrollo se habla de la rentabilidad del agua. Se empieza a tratar como un bien económico privado. Se dice que, al tratarla como una mercancía, se estaría dando una respuesta a la escasez. Como consecuencia de esta nueva tendencia, las dinámicas actuales apuntan a la mercantilización del agua y a la privatización de su servicio.

Con este razonamiento, ya no se reconoce el derecho de acceder al agua de toda persona o cualquier comunidad humana. El agua es, entonces, entendida como una necesidad y no como un patrimonio.

Según esta misma corriente, que considera el agua como el “Oro azul del siglo XXI”, solo la fijación de un precio de mercado, definido como el costo total de las presentaciones “supuesto precio justo”, permitiría balancear la oferta con una demanda creciente, así limitar los conflictos entre campesinos y ciudadanos, entre agricultores, industriales y ecologistas, entre regiones “ricas” y “pobres”, entre gobiernos seccionales de una misma cuenca, etc.

El comercio del agua bajo las reglas de la libre competencia permitiría entonces eliminar los conflictos, satisfacer las “necesidades” y hacer negocios para sacar grandes provechos.

Bajo este razonamiento, solo accede al agua quien puede pagarla y, por tanto, no se la reconoce como derecho humano al que debe acceder toda persona, sin distingo alguno. Ninguna razón que se exponga es válida para privar a cualquier ser humano de su derecho al acceso al agua y menos su incapacidad de pagarla.

Es preocupante que incluso en los documentos de los organismos internacionales como Naciones Unidas, se habla del agua como necesidad y no como un derecho, como un patrimonio de la humanidad.

Es indudable que el agua tiene usos diversos: agrícola, consumo humano, industria, generación de energía, recreación, transporte, etc. Es indudable también que esas actividades generan ingresos económicos.

Pero los precios que se establezcan nunca reconocerán el valor real del agua. Y, sobre todo, los precios del agua no pueden establecerse a espaldas de la realidad, sin reconocer las condiciones económicas y sociales de sus usuarios.

Según los privatizadores, las tarifas que se ponen al agua de riego y a la de consumo, deberían ser reales, es decir incluir todos los costos del manejo del agua, hasta llegar a manos de los usuarios. Dicen ellos que, como los costos subirán, frente a una demanda creciente, la gente de manera espontánea utilizará el agua de manera más racional.

Lo que demuestra tercamente la historia es que cuando los usuarios no pueden pagar las tarifas reales, ocurren dos cosas; o se revelan y sobrevienen movilizaciones como en Bolivia, Argentina, Uruguay, Filipinas, Pakistán y otros países del mundo; o grandes cantidades de gente se quedan sin acceso al recurso.

¿Qué posibilidades tienen de pagar tarifas reales los miles de millones de condenados de la tierra que sobreviven con menos de un dólar al día?. A los privatizadores poco les falta para poner peajes en los ríos y precio al agua de lluvia. (GASSELIN Pierre y ZAPATTA Alex, 2005)

1.3.2 El valor social del agua.

En nuestros países, el agua, tanto de riego como de consumo humano, tiene una dimensión colectiva. En las ciudades, por la gestión municipal de la misma, este carácter se ha perdido. Pero en el campo las juntas de regantes y de agua de consumo tienen un peso muy grande. El agua no se gestiona solo a nivel individual o familiar, se gestiona a nivel colectivo.

En muchas ocasiones esta gestión trasciende la comuna, pues los cursos del agua involucran a varias de ellas. La gestión del agua, en la gran mayoría de los casos implica una relación social y territorial mucho más amplia que la junta, la comunidad, la cooperativa e incluso el poblado.

Si para la administración, operación y mantenimiento de los canales de riego no se producen acuerdos entre los distintos usuarios, el funcionamiento es deficiente y los problemas se multiplican. Igual ocurre con muchos sistemas de agua de consumo.

El precio que se da el agua es siempre fruto de una construcción social, de los acuerdos a los que llegan los conglomerados sociales. El precio del agua no solo depende de la ley de la oferta y la demanda. No se mueve como el precio del maíz, de las papas, del arroz o del cacao, que cuando hay más producción baja y cuando la producción es escasa el precio sube.

Para definir el precio del agua los grupos sociales ponen sobre la mesa una serie de formas sociales heredadas de la historia de su colectividad, sus concepciones sobre el derecho, sus valores culturales y costumbres, sus principios éticos, sus relaciones de confianza y de poder. Esas formas sociales son las determinantes para definir el precio del agua en los grupos sociales. (GARCIA, 2007).

No es lo mismo entonces el precio que puedan poner grupos que gestionan el agua de manera colectiva o grupos que solamente se benefician del servicio, sin participar en su gestión. No es lo mismo el precio que pueden establecer los agricultores regantes de España, que los campesinos e indígenas del Ecuador.

El agua entonces, genera múltiples relaciones sociales, culturales, familiares, políticas, económicas. En torno al agua transcurre una gran parte de la vida de los sectores rurales, que entiendan bien que el agua es “la sangre de la tierra”. Desde luego, por la importancia fundamental que tiene para la vida cotidiana y para la producción también genera conflictos.

En el mes de diciembre de 2005, en el cantón Cotacachi, se realizó un diagnóstico de 15 juntas de regantes. El 100% de las juntas reconoció como principal problema la reducción de los caudales. En un 80% de ellas el Consejo Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) había entregado en concesión más del caudal disponible.

Muchas juntas se aferran al número de litros asignados por el Consejo Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), sin considerar que perjudican a las juntas de la parte baja. Esto, obviamente, genera problemas entre los usuarios del curso superior e inferior. Los usuarios del curso inferior “roban” el agua de los cursos superior y, en muchos casos, se producen enfrentamientos.

Pero en las soluciones a ningún indígena se le ocurrió plantear como solución “tarifas reales”. Proponen proteger las fuentes y mejorar los canales, para recuperar los caudales. Proponen también capacitación para establecer nuevas normativas y resolver sus conflictos.

En definitiva proponer buscar una salida colectiva a sus problemas, porque entienden que las soluciones no son individuales ni familiares, sino de toda la colectividad.

1.3.3 El valor cultural del agua.

En la gran mayoría de las culturas indígenas de nuestra América, el origen del mundo y de los hombres es el agua. Para los sioux, de Norteamérica, la vida nació en un lago subterráneo; para los mayas quiches, de Centroamérica, antes de que nada existiera solo había el agua; para los incas de Sur América, los primeros hombres salieron de un lago. Así lo cuentan sus leyendas. (DÍAZ, 2002).

1.4 El agua y sus usos en Ecuador.

1.4.1 El marco jurídico institucional.

A partir del año 2001, en el Foro de los Recursos Hídricos, se ha venido analizando el tema del marco jurídico e institucional de agua en el Ecuador.

En el país existen más de treinta normas jurídicas para el manejo y gestión del agua, entre leyes, decretos, acuerdos, resoluciones. La Ley de Aguas, promulgada en 1972, ha perdido peso político. Sobre ella se han superpuesto nuevas normas legales. Esto determina que el actual marco legal, en materia de aguas, sea un amasijo de normas dispersas, adosadas y, en muchos casos, contradictorias.

Las nuevas normas legales, que se han superpuesto a la Ley de Aguas, y las políticas de ajuste estructural impulsadas en el país, sobre todo en la década de los 90, agudizaron las deficiencias administrativas e institucionales.

Son públicos y notorios los problemas de competencias entre entidades estatales y entre estas y los gobiernos locales. El Consejo Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) es una institución debilitada, con un presupuesto reducido y sin mayor fuerza para reglamentar los diversos usos del agua. Por otro lado, este desorden institucional ha debilitado y diluido la capacidad del Estado y de la sociedad para asumir la gestión del agua.

Lo que se ha buscado a través de las políticas de ajuste estructural, sobre todo a partir de los años 90, es dar seguridad jurídica a las inversiones privadas en el agua y, por otro lado, desmantelar la institucionalidad del Estado para favorecer la creación de un mercado en el que el agua se venda como cualquier mercancía. (GARCIA Dennis, 2007).

1.4.2 El agua de consumo humano.

La CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) acaba de publicar un estudio sobre el hambre, la desigualdad y la desnutrición en los países andinos, en el que se presentan datos revelados acerca de la situación de nuestros países.

Ecuador penosamente, ocupa el último lugar de toda la región en cuanto a cobertura de agua potable y alcantarillado. Estos datos nos sorprenden, porque ya en el Foro de los Recursos Hídricos había advertido sobre esta situación en el Primer Encuentro Nacional de 2002. Lo lamentablemente es que los gobiernos de turno no hayan dado pasos significativos para solucionar esta situación.

TABLA N° 3. Acceso de la población a los servicios de agua potable y alcantarillado (En porcentajes, 1998).

País	Cobertura del agua potable			Cobertura de alcantarillado		
	Total	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural
Bolivia	73,5 %	93,1 %	44,0 %	63,5 %	82,3 %	35,3 %
Colombia	90,6 %	98,0 %	73,0 %	83,4 %	97,0 %	51,0 %
Ecuador	70,3 %	81,5 %	51,4 %	58,0 %	70,5 %	37,0 %
Perú	75,4 %	86,8 %	50,7 %	73,7 %	89,5 %	39,5 %

Fuente: **Organización Panamericana de la Salud (OPS) Situación de la salud en las Américas, 2005.**

Como puede verse en la tabla N° 3, la situación de nuestros países es desastrosa, exceptuando Colombia que en caso del agua potable tiene una cobertura del 91%. La situación de la cobertura de alcantarillado también es extremadamente baja.

Ecuador, como se observa, ocupa el último lugar. Si se mira la situación de cobertura de agua potable y alcantarillado en aéreas rurales, se muestra palpablemente el atraso en que se encuentra la región.

Ecuador tiene un retraso bastante más grande, a tal punto que en la provincia de Sucumbios es la que registra los menores niveles de cobertura de agua “de cañería” en toda el área Andina, con solo 26%.

Las zonas selváticas son menos atendidas en la región. Sin lugar a dudas en estos sectores donde la inversión es prioritaria, pero es justamente donde la inversión privada y aun la pública están ausentes.

Las últimas Encuestas de Demografía y Salud (EDS) realizadas en la región dejan ver con toda claridad que la diarrea y desnutrición global y crónica son mayores en los hogares que no tiene acceso a los servicios de agua potable y alcantarillado.

El agua de los hogares que tienen más alto índice de desnutrición proviene de ríos, lagos o pozos, es decir, de fuentes inseguras. Estos hogares tienen entre un 11% y 15% de desnutrición. Mientras los que tienen agua de cañería tienen un 6%.

El agua provista por camiones cisterna provoca mayor incidencia de diarreas. En Colombia el 8% de los hogares abastecidos por tanqueros presentan desnutrición, mientras que en Bolivia y Perú representan el 3% y 4% respectivamente. No hemos encontrado datos sobre Ecuador, pero intuimos que el porcentaje será igual o superior a Colombia.

Como es bien conocido, la diarrea es una consecuencia directa de la higiene de los alimentos y del tipo de alimentos que consumen los niños. La mala alimentación, a su vez, un factor de desnutrición. En los países andinos se encuentran una incidencia de diarrea en los menores de 5 años que alcanza el 21% en Ecuador, 19% en Bolivia, 16% en Perú y 14% en Colombia.

En América Latina el 6,2% de las muertes en menores de cinco años se debe a enfermedades diarreicas agudas. Entre los países andinos analizados, Ecuador es el que presenta una mayor incidencia (8,1%), bastante más alta que la media del continente, en cambio Colombia y Perú se ubican bajo el promedio regional (5,7% y 4,7% respectivamente). Pero las distancias entre estos países y Cuba (0,8%) y Costa Rica (1,6%) son inmensas. Así por cada mil nacidos vivos, entre

los 0 y 5 años, 4,4 mueren por diarrea en Ecuador, 2,4 en Perú y 1,8 en Colombia.

La diarrea y la desnutrición son enfermedades relacionadas directamente con la falta de agua de calidad. El Ecuador ocupa el último lugar de la región en cuanto a abastecimiento de agua potable y alcantarillado, y el primer lugar en torno a incidencia de diarrea y mortalidad infantil por esta causa. (GARCIA, 2007).

1.4.3 El riego.

En nuestro país existen un poco más de 8 millones de hectáreas cultivadas. Según información del III censo Agropecuario, existen más de 850 mil hectáreas bajo riego. Es decir que solo recibe riego un 10.5% de nuestra superficie cultivada. El estado se preocupó solo del riego Estatal, que apenas significa el 23% de las áreas regadas. El riego privado, que significa el 77% de las áreas regadas no ha recibido ninguna atención de parte del Estado.

Se estima que en este tipo de riego están incluidos entre 2000 y 4000 sistemas de riego comunitario que son los que garantizan la seguridad alimentaria del país. Por otro lado, el 85% de los créditos destinados a riego se han concentrado en las provincias de Guayas y Manabí, provincias que, como se conocen, han tenido gran peso político a partir de los años 80.

De manera irracional, a partir de la implementación de las políticas de ajuste, el estado renuncia a la posibilidad de ampliar el área regada en el país y “reorienta” sus políticas a un proceso de transferencia de los sistemas estatales de riego. De esta manera el país ha perdido una excelente herramienta para luchar contra la pobreza y la migración rural.

Por otro lado, en nuestro país la distribución del agua es socialmente inequitativa, existen concentración y acaparamiento de derechos de aprovechamiento de agua. El estado, al partir de la lógica de que el que más extensión de tierra dispone, más agua requiere, contribuyo a reforzar las inequidades sociales del agro.

De acuerdo a los datos del III Censo Agropecuaria, el 41% de la superficie bajo riego, corresponden a propietarios cuyas heredades son mayores a 100 hectáreas. Una buena parte de los sistemas de riego tienen serias deficiencias en su infraestructura, manejo, operación y mantenimiento.

Otro problema grave que afronta el riego en Ecuador es su bajo nivel de tecnificación. Según el III Censo Agropecuario, el 51% de la superficie regada aun utiliza métodos por gravedad que, en muchos casos ocasionan erosión. Solo el 20% de la superficie regada utiliza aspersión y apenas el 2% utiliza métodos por goteo.

En este aspecto también vuelven a evidenciarse las grandes diferencias sociales y económicas pues, mientras las pequeñas propiedades usan los métodos más tradicionales, las grandes son las que utilizan métodos más modernos. (GARCIA, 2007).

1.5 Contaminación del Agua.

La contaminación del agua es, según el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS); “Cualquier alteración de las propiedades físico, química, biológicas de las aguas, que pueda ocasionar el deterioro de la salud, la seguridad y el bienestar de la población, comprometer su uso para fines de consumo humano, agropecuario, industriales, comerciales o recreativos, y/o causar daños a la flora, a la fauna o al ambiente en general”.

1.5.1 Tipos de contaminación del agua.

Podemos distinguir dos tipos de contaminación, de acuerdo a como se producen, contaminación puntual y contaminación no puntual o difusa.

1.5.1.1 Puntual.

Es producida por un foco emisor determinado, descargan contaminantes en localizaciones específicas a través de tuberías y alcantarillas, afectando a una zona concreta. Su detección es relativamente sencilla. Un ejemplo sería el vertido de aguas residuales, industriales o domésticas a los ríos.

1.5.1.2 Difusa.

Su origen no está claramente definido, aparece en zonas amplias en las que coexisten múltiples focos de emisión, lo que dificulta el estudio de los contaminantes y su control individual. Pueden producirse posibles interacciones que agraven el problema, principalmente correspondería a la contaminación natural. (ADAME, *et al*, 1995).

La contaminación del agua puede estar producida por:

- Compuestos minerales
- Compuestos orgánicos
- Contaminación microbiológica
- Contaminación térmica

1.5.2 Tipos de agua en función del origen de su contaminación.

- a. Aguas residuales urbanas.
- b. Aguas residuales industriales.

- c. Aguas residuales ganaderas.
- d. Aguas residuales agrícolas.
- e. Mareas negras.

1.5.3 Origen de la Contaminación.

1.5.3.1 Natural.

Consiste en la presencia de determinadas sustancias en el agua sin que intervenga la acción humana.

1.5.3.2 Antropogénico.

Desde el punto de vista regional representan la mayor fuente de contaminación. Cuantitativamente son menores que las naturales pero sus efectos se multiplican porque sus efluentes se localizan en áreas reducidas, que a su vez son las que mayor cantidad de población tienen, y además, porque sus emisiones son más intensas.

1.5.4 Los contaminantes del agua.

Los ríos han sido utilizados como sumideros para los desechos de la agricultura y de la industria. Gracias a su corriente y naturaleza ecológica, los ríos son capaces de regenerarse por sí mismos al admitir cantidades asombrosas de afluentes.

Sin embargo, todos los ríos tienen un límite de capacidad de asimilación de aguas residuales y fertilizantes provenientes de las tierras de cultivo. Si se supera este límite, la proliferación de bacterias, algas y vida vegetal consumirá todo el oxígeno disuelto en el agua (eutrofización) y ahogará a insectos y peces, lo que destruye todo el ecosistema fluvial ya que se interrumpen las cadenas tróficas.

1.5.4.1 Contaminantes físicos.

Son líquidos insolubles o sólidos de origen natural y diversos productos sintéticos que son arrojados al agua como resultado de las actividades del hombre, así como, espumas, residuos oleaginosos y el calor (contaminación térmica). Las centrales nucleares necesitan refrigerarse, y como resultado de este proceso, vierten a los ríos aguas con temperaturas elevadas, lo que supone una disminución del contenido de oxígeno disuelto. Por otra parte, las centrales hidroeléctricas vierten aguas a los ríos con temperatura más baja (SANTILLANA, 2006).

TABLA N° 4. Alteraciones físicas del agua.

Alteraciones físicas	Características y contaminación que indica
Color	<p>El agua no contaminada suele tener ligeros colores rojizos, pardos, amarillentos o verdosos debido, principalmente, a los compuestos húmicos, férricos o los pigmentos verdes de las algas que contienen.</p> <p>Las aguas contaminadas pueden tener muy diversos colores pero, en general, no se pueden establecer relaciones claras entre el color y el tipo de contaminación</p>
Olor y sabor	<p>Compuestos químicos presentes en el agua como los fenoles, diversos hidrocarburos, cloro, materias orgánicas en descomposición o esencias liberadas por diferentes algas u hongos pueden dar olores y sabores muy fuertes al agua, aunque estén en muy pequeñas concentraciones.</p> <p>Las sales o los minerales dan sabores salados o metálicos, en ocasiones sin ningún olor.</p>
Temperatura	<p>El aumento de temperatura disminuye la solubilidad de gases (oxígeno) y aumenta, en general, la de las sales. Aumenta la velocidad de las reacciones del metabolismo, acelerando la putrefacción. La temperatura óptima del agua para beber está entre 10 y 14°C.</p> <p>Las centrales nucleares, térmicas y otras industrias contribuyen a la contaminación térmica de las aguas, a veces de forma importante.</p>
Materiales en	<p>Partículas como arcillas, limo y otras, aunque no lleguen a estar disueltas, son arrastradas por el agua de dos maneras: en suspensión estable (disoluciones coloidales); o en suspensión</p>

suspensión	que sólo dura mientras el movimiento del agua las arrastra. Las suspendidas coloidalmente sólo precipitarán después de haber sufrido coagulación o floculación (reunión de varias partículas)
Radiactividad	Las aguas naturales tienen unos valores de radiactividad, debidos sobre todo a isotopos del K. Algunas actividades humanas pueden contaminar el agua con isótopos radiactivos.
Espumas	Los detergentes producen espumas y añaden fosfato al agua (eutrofización). Disminuyen mucho el poder autodepurador de los ríos al dificultar la actividad bacteriana. También interfieren en los procesos de floculación y sedimentación en las estaciones depuradoras.
Conductividad	El agua pura tiene una conductividad eléctrica muy baja. El agua natural tiene iones en disolución y su conductividad es mayor y proporcional a la cantidad y características de esos electrolitos. Por esto se usan los valores de conductividad como índice aproximado de concentración de solutos. Como la temperatura modifica la conductividad las medidas se deben hacer a 20°C

Fuente: **Libro electrónico CIENCIAS DE LA TIERRA Y DEL MEDIO AMBIENTE, 2001.**

1.5.4.2 Contaminantes químicos.

Dentro de estos se incluyen compuestos orgánicos e inorgánicos disueltos o dispersos en el agua.

Los **contaminantes inorgánicos** son diversos productos disueltos o dispersos en el agua que provienen de descargas domésticas, agrícolas e industriales o de la erosión del suelo. Los principales son cloruros, sulfatos, nitratos y carbonatos. También desechos ácidos, alcalinos y gases tóxicos disueltos en el agua como los óxidos de azufre, de nitrógeno, amoníaco, cloro y sulfuro de hidrógeno (ácido sulfhídrico). Gran parte de estos contaminantes son liberados directamente a la atmósfera y bajan arrastrados por la lluvia.

Los **contaminantes orgánicos** también son compuestos disueltos o dispersos en el agua que provienen de desechos domésticos, agrícolas, industriales y de la

erosión del suelo. Son desechos humanos y animales, diversos productos químicos industriales de origen natural como aceites, grasas, breas y tinturas, y diversos productos químicos sintéticos como pinturas, herbicidas, insecticidas, etc. (SANTILLANA, 2006).

Los **metales pesados** que proceden de la infiltración de vertederos, provoca efectos tóxicos que pasan a los seres vivos a través de las cadenas tróficas. La mayoría de los metales pesados que se encuentran en los cuerpos de agua son producto de la actividad humana. Dentro de estos se encuentran principalmente: cadmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), níquel (Ni), plomo (Pb), zinc (Zn) y mercurio (Hg).

El cadmio proviene de fábricas de pinturas, lixiviados de baterías usadas, corrosión de tubos galvanizados y la industria metalúrgica. Provoca fragilidad y dolor intenso en los huesos, En bajas concentraciones y periodos prolongados causa alta presión arterial, esterilidad en hombres y daño renal.

El cromo es un contaminante que se encuentra en las aguas residuales de la curtiduría de pieles, fábricas de acero y papel, el envenenamiento con este metal causa desordenes en la piel y daño hepático severo, cáncer de pulmón.

El cobre proviene de la corrosión de tuberías, de la aplicación de compuestos de cobre en cuerpos de agua para control de algas. Es un irritante del sistema gastrointestinal y dependiendo de la susceptibilidad del individuo puede causar la enfermedad de Wilson (enfermedad caracterizada por daño hepático severo).

El níquel se encuentra en las aguas residuales de la fabricación de acero, catalizador en la fabricación de monedas, lixiviadas de baterías usadas,

fabricación de vidrio. Resulta ser poco tóxico para el hombre pero hay evidencias de que los vapores de este elemento son cancerígenos.

El plomo forma parte de las aguas residuales de la fabricación de baterías eléctricas, aditivos, cables con aleaciones, pigmentos, municiones, soldaduras, es sumamente toxico. Cuando se encuentra en grandes cantidades en la sangre de los niños causa daño hepático y cerebral, retardo mental, convulsiones, anemia y cáncer de riñón en adolescentes.

El zinc se utiliza en la aleación con cobre para la fabricación de partes automotrices y en forma extensiva como sulfato de zinc en fertilizantes. Los efectos sobre el ser humano son desordenes gastrointestinales y en casos severos la perforación del tracto digestivo. (ARCE, *et al*, 2002).

El mercurio en la actualidad, los usos más importantes se encuentran en la industria metalúrgica y cloro-alcalina, en la fabricación de pilas, lámparas fluorescentes y materiales para empastes dentales. Las principales fuentes medioambientales de mercurio elemental son los procesos naturales de volatilización del mercurio a partir de depósitos minerales, volcanes y otros fenómenos de tipo volcánico, como las fumarolas o las fuentes termales.

Entre las fuentes antropogénicas destaca la extracción y fusión de minas del propio mercurio, pero también de otros metales, como el cobre, el oro, la plata el plomo y el zinc. La intoxicación con este producto causa alteraciones neurológicas y afecciones del sistema respiratorio además de desórdenes congénitos. (MORENO, 2003).

Los pesticidas son compuestos químicos tóxicos diseñados para controlar insectos, plantas, hongos y animales que se consideran plagas. Por su campo de acción específico se divide en: insecticidas, fungicidas y herbicidas.

Su modo de acción está determinada por su estructura química y se dividen en cinco grupos que son: organoclorados, organofosforados, carbamatos, triazinas y piretroides.

La fuente principal de plaguicidas es la agricultura y la industria química o agroquímica que los sintetiza. Se considera que solamente un 10% de los plaguicidas producidos llega al organismo blanco y el 90% restante se dispersa en el ambiente contaminando la atmósfera, los suelos el agua y los alimentos.

Los efectos sobre el medio ambiente son variados ya que en ocasiones además de atacar a la plaga de interés hay otros organismos afectados. Los organofosforados causan efectos en el ser humano, causan daños al sistema nervioso central; los organoclorados provocan la disfunción tiroidea de aves y peces y la fertilidad de otros seres vivos. (ARCE, *et al*, 2002).

TABLA N° 5. Alteraciones químicas del agua.

Alteraciones químicas	Contaminación que indica
pH	<p>Las aguas naturales pueden tener pH ácidos por el CO₂ disuelto desde la atmósfera o proveniente de los seres vivos; por ácido sulfúrico procedente de algunos minerales, por ácidos húmicos disueltos del mantillo del suelo. La principal sustancia básica en el agua natural es el carbonato cálcico que puede reaccionar con el CO₂ formando un sistema tampón carbonato/bicarbonato.</p> <p>Las aguas contaminadas con vertidos mineros o</p>

	industriales pueden tener pH muy ácido. El pH tiene una gran influencia en los procesos químicos que tienen lugar en el agua, actuación de los floculantes, tratamientos de depuración, etc.
Oxígeno disuelto OD	Las aguas superficiales limpias suelen estar saturadas de oxígeno, lo que es fundamental para la vida. Si el nivel de oxígeno disuelto es bajo indica contaminación con materia orgánica, septicización, mala calidad del agua e incapacidad para mantener determinadas formas de vida.
Materia orgánica biodegradable: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	DBO ₅ es la cantidad de oxígeno disuelto requerido por los microorganismos para la oxidación aerobia de la materia orgánica biodegradable presente en el agua. Se mide a los cinco días. Su valor da idea de la calidad del agua desde el punto de vista de la materia orgánica presente y permite prever cuanto oxígeno será necesario para la depuración de esas aguas e ir comprobando cual está siendo la eficacia del tratamiento depurador en una planta.
Materiales oxidables: Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Es la cantidad de oxígeno que se necesita para oxidar los materiales contenidos en el agua con un oxidante químico (normalmente dicromato potásico en medio ácido). Se determina en tres horas y, en la mayoría de los casos, guarda una buena relación con la DBO por lo que es de gran utilidad al no necesitar los cinco días de la DBO. Sin embargo la DQO no diferencia entre materia biodegradable y el resto y no suministra información sobre la velocidad de degradación en condiciones naturales.
Nitrógeno total	Varios compuestos de nitrógeno son nutrientes esenciales. Su presencia en las aguas en exceso es causa de eutrofización. El nitrógeno se presenta en muy diferentes formas químicas en las aguas naturales y contaminadas. En los análisis habituales se suele determinar el NTK (nitrógeno total Kendahl) que incluye el nitrógeno orgánico y el amoniacal. El contenido en nitratos y nitritos se da por separado.
Fósforo total	El fósforo, como el nitrógenos, es nutriente esencial para la vida. Su exceso en el agua provoca eutrofización. El fósforo total incluye distintos compuestos como diversos ortofosfatos, polifosfatos y fósforo orgánico. La determinación se hace convirtiendo todos ellos en ortofosfatos que son los que se determinan por análisis químico.

Aniones: cloruros nitratos nitritos fosfatos sulfuros cianuros fluoruros	indican salinidad indican contaminación agrícola indican actividad bacteriológica indican detergentes y fertilizantes indican acción bacteriológica anaerobia (aguas negras, etc.) indican contaminación de origen industrial en algunos casos se añaden al agua para la prevención de las caries, aunque es una práctica muy discutida.
Cationes: sodio calcio y magnesio amonio metales pesados	indica salinidad están relacionados con la dureza del agua contaminación con fertilizantes y heces de efectos muy nocivos; se bioacumulan en la cadena trófica.
Compuestos orgánicos	Los aceites y grasas procedentes de restos de alimentos o de procesos industriales (automóviles, lubricantes, etc.) son difíciles de metabolizar por las bacterias y flotan formando películas en el agua que dañan a los seres vivos. Los fenoles pueden estar en el agua como resultado de contaminación industrial y cuando reaccionan con el cloro que se añade como desinfectante forman clorofenoles que son un serio problema porque dan al agua muy mal olor y sabor.

Fuente: **Libro electrónico CIENCIAS DE LA TIERRA Y DEL MEDIO AMBIENTE, 2011.**

1.5.4.3 Contaminantes biológicos.

La presencia de microorganismos en el agua. Los virus, bacterias y protozoos proceden de aguas residuales domesticas (las aguas fecales). Algunas bacterias son inofensivas y otras participan en la degradación de la materia orgánica contenida en el agua. Ciertas bacterias descomponen sustancias inorgánicas. La eliminación de los virus que se transportan en el agua es un trabajo muy difícil y costoso.

Producen efectos como la muerte de plantas y animales, así como la producción de enfermedades de tipo infeccioso como hepatitis, tifus y gastroenteritis en el hombre. (VARGAS, 2003).

TABLA N° 6. Alteraciones biológicas del agua.

Alteraciones biológicas del agua	Contaminación que indican
Bacterias coliformes	Desechos fécales
Virus	Desechos fécales y restos orgánicos
Animales, plantas, microorganismos diversos	Eutrofización

Fuente: **Libro electrónico CIENCIAS DE LA TIERRA Y DEL MEDIO AMBIENTE, 2011.**

1.5.5 La contaminación de las aguas en Ecuador.

Es un problema ambiental grave y complejo. Los desechos y residuos industriales, de hidrocarburos y mineros, el uso de agroquímicos en la agricultura, las prácticas negativas de la acuicultura y los desechos domésticos son las principales fuentes de contaminación.

En los Foros Hídricos realizados en la costa desde el año 2002, se ha comprobado que prácticamente todos los ríos que desembocan en el Océano Pacífico y sus afluentes, dejaron de ser, hace mucho tiempo, los “cursos de geografía azul” de los que hablaban nuestros poetas.

Hemos convertido nuestros ríos en auténticas cloacas en las que se depositan desechos industriales, aguas residuales de las ciudades y todo tipo de agroquímicos. Y, por si fuera poco, estamos acabando con los bosques: “los padres de la lluvia y el rocío” y la tierra que ellos ya no sostienen van a parar a los cursos de los ríos.

Las aguas de nuestros ríos costeros no son aptas ni siquiera para entrar en contacto con nuestra piel, y menos para regar o beber. Los resultados obtenidos para las cuatro cuencas hidrográficas más grandes del país (Mira, Esmeraldas, Guayas y Pastaza) destacan que, dada la mala calidad bacteriológica de las aguas, se prohíbe su uso para ingestión y contactos directos. (Foro de los Recursos Hídricos, 2003).

El río Esmeraldas, por ejemplo, a más de recibir todas las descargas del río Guayllabamba que conduce las aguas servidas de Quito, recibe desechos de la industria petrolera y maderera.

En el año 2003, el municipio de Portoviejo recomendó a los ciudadanos no bañarse en el río por el peligro de adquirir enfermedades en la piel. La Universidad de Quevedo ha realizado estudios sobre el estado del río Quevedo encontrando altos niveles de contaminación orgánica e industrial.

La actividad minera de la parte alta de la provincia del Oro contamina con metales pesados los ríos de esta provincia. Es reconocido por todos que el río Babahoyo y el Guayas reciben, no solo aguas servidas de todos los poblados de sus márgenes, sino los desechos de productos agrícolas e industriales de las importantes actividades económicas de la cuenca baja de estos ríos.

La situación en la sierra no es distinta. Un estudio realizado en 15 ríos de la cuenca del Guayllabamba por la Dirección Metropolitana del Ambiente de Quito, demuestra que en todos ellos los coliformes fecales y totales superan los límites permisibles. El agua de ninguno de esos ríos es apta para riego ni para el consumo doméstico.

Existen evidencias de contaminación industrial en los ríos Cutuchi en Latacunga, Ambato en Ambato, Chibunga en Riobamba, Machángara y Tomebamba en Cuenca, Bugay en Azogues, e igual sucede con los ríos del Oriente Napo, Coca, Aguarico y Cuyabeno.

Está comprobado que los municipios son los principales contaminadores al depositar en los cursos de los ríos las aguas servidas de las ciudades. Sin embargo, solo el municipio de Cuenca cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales. En el país se tratan solamente el 5% de las aguas residuales.

El país cuenta con abundantes leyes en las que se prohíbe explícitamente la contaminación de las aguas, no obstante esas normas no se cumplen. De la misma manera, se cuenta con una buena cantidad de estudios para enfrentar la contaminación en diferentes regiones, pero las autoridades no tienen la decisión política para ejecutarlo. Los intereses económicos y políticos prevalecen ante “el derecho de vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación”, como lo establece la constitución política. (GARCIA, 2007).

1.5.6 La contaminación de las aguas en Cotopaxi.

Según el informe de la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA), los niveles de contaminación en los ríos de la provincia de Cotopaxi y de forma particular del cantón Latacunga se expresa de forma elevada.

De tal manera que si hablamos sobre el río Cutuchi, nos indica que tiene altos niveles de daño ambiental ya que se ha determinado que existe la presencia de 47 metales pesados, como aluminio, arsénico, cromo, manganeso, níquel, selenio y otros, que superan los límites máximos permisibles a nivel ambiental.

Las aguas, al ser sujeto de descargas de las redes de alcantarillado, contienen coliformes y microorganismos provenientes de las aguas servidas de la subcuenca del río Cutuchi y subcuencas adyacentes que abastecen a la cuenca del río Pastaza que sobrepasa la capacidad natural para procesar los desechos orgánicos en suspensión, con todo este contenido han sido canalizados al sistema de riego Latacunga, Salcedo, Ambato que irriga 6024 hectáreas en Tungurahua y 1500 en Cotopaxi, abasteciendo a 17000 familias con 4500 litros de agua contaminadas para riego.

Las aguas del río Cutuchi, captadas para el sistema de riego, no son aptas para ningún uso, ya que en dicho río se arrojan 1,8 toneladas de escombros y basuras provenientes de 41 industrias metalúrgicas, curtiembres, molineras, talleres de mecánica, lubricadoras, florícolas e industrias de aglomerados, ubicadas en las riberas del río Cutuchi. (Tomado del periódico virtual: El Heraldillo publicado en febrero, 2010).

Según el estudio realizado por el Consejo Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), Corporación de Desarrollo Regional de Cotopaxi (CODERECO) y la Consultora Hidroeléctrica del Ecuador (Cohiec), con el asesoramiento técnico de las firmas belgas IMDC/Technum, las aguas del río están contaminadas por elementos naturales y por acción del hombre.

Lo primero es provocado por las sales y la alta alcalinidad y dureza del agua en todo el trayecto, que proviene del contacto del líquido con las formaciones volcánicas de la región. Hay presencia de boro (químico que causa trastornos neurológicos y tumores) y aumenta después con el afluente del río Pumacunchi. La contaminación humana, añade la investigación, se manifiesta por una alta concentración de grasas y aceites, especialmente en el tramo que atraviesa la zona urbana de Latacunga.

No existe tratamiento de las aguas residuales de uso doméstico, las cuales (unos 30000 metros cúbicos por día), son vertidos a los cauces de los ríos Cununyacu, Yanayacu, Pumacunchi y Cutuchi, consolidando así los procesos crecientes de contaminación ambiental.

Tampoco hay un manejo adecuado de los desechos sólidos, del estimado diario de escombros y basura que se arrojan a los cauces mencionados. (Tomado del Diario El Comercio, publicado el 06/Julio/2004).

1.6 Muestreo y Análisis.

Para obtener un indicio verdadero de la naturaleza de un agua natural o residual es necesario asegurarse primero que la muestra sea representativa de la fuente.

Satisfecho este requisito, se deben desarrollar los análisis apropiados mediante procedimientos estándar y comparar los resultados obtenidos por analistas diferentes.

1.6.1 Muestreo.

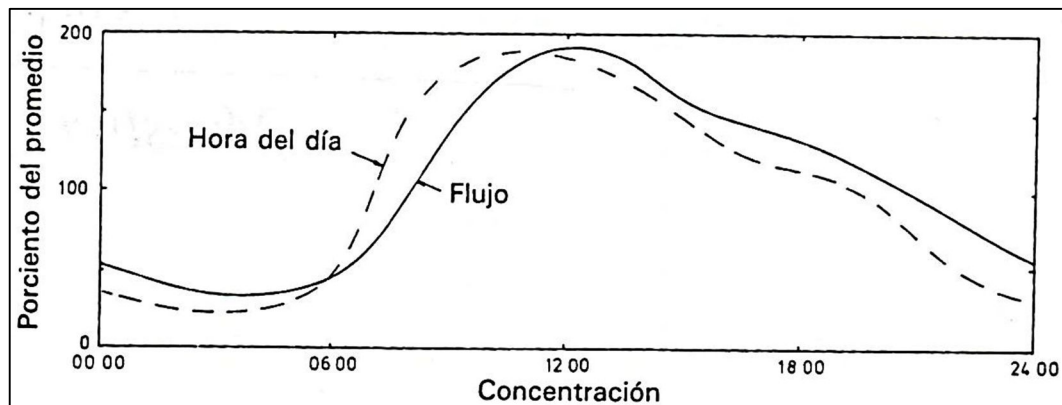
La recolección de una muestra representativa de una fuente de calidad uniforme representa pocos problemas y la toma de una sola muestra es suficiente. También lo es una muestra aislada si el propósito es simplemente saber de inmediato si se ha cumplido con ciertos límites particulares. Sin embargo, la mayoría de aguas crudas y aguas residuales son muy variables tanto en la calidad como la cantidad y es poco probable que con una muestra aleatoria se obtenga un cuadro significativo de la naturaleza de la fuente.

En la figura N° 1 se ilustra este punto al mostrar variaciones comunes de flujo y concentración en un drenaje de estiaje. Para evaluar exactamente esta situación es

necesario obtener una muestra compuesta por todas las muestras tomadas a intervalos conocidos durante cierto periodo y en proporción al caudal. Al mezclar las muestras individuales en proporción con los flujos apropiados se obtiene una muestra compuesta integral.

Se aplican procedimientos similares cuando se toman muestras de corrientes y ríos, con secciones de canales muy grandes es necesario tomar muestras en varios puntos de la sección transversal y a diferentes profundidades.

FIGURA N° 1. Variaciones típicas de flujo y de concentración en un albañal durante clima seco.



Fuente: **TEBBUTT, 2002.**

Cuando se diseña un programa de muestreo es fundamental que se especifique claramente su objetivo, por ejemplo, estimar concentraciones máximas o medias, detectar cambios o tendencias, estimar percentiles o tener una base para cobrar por cada efluente industrial.

Por tanto, es importante establecer un nivel práctico y aceptable en las variaciones de los resultados en base al uso deseado. En forma ideal, todos los análisis se deben practicar inmediatamente después de la recolección de las muestras ya que

entre más rápido se hagan, es probable que los resultados sean una evaluación verdadera de la naturaleza real del líquido in situ.

1.6.2 Métodos analíticos.

Los análisis comunes en el control de la calidad del agua se basan en principios analíticos directos. Los análisis cuantitativos se pueden efectuar por métodos gravimétricos, volumétricos o colorimétricos. Es posible determinar la presencia de ciertos constituyentes por medio de diferentes tipos de electrodos y hay creciente interés en el desarrollo de técnicas automatizadas para el monitoreo continuo de parámetros importantes. Se debe reconocer que el trabajo de laboratorio frecuentemente es de naturaleza microanalítica, lo que requiere del uso de procedimientos cuidadosos.

1.6.2.1 Análisis gravimétricos.

Esta forma de análisis depende del peso de los sólidos que se obtienen de la muestra por evaporación, filtración o precipitación. Debido a que dichos pesos son pequeños, se requiere una balanza con divisiones de 0,0001 g y un horno de secado para eliminar toda la humedad de la muestra. Se aplican para determinar:

- Sólidos totales y volátiles
- Sólidos en suspensión
- Sulfato

1.6.2.2 Análisis volumétricos.

Muchas determinaciones en el control de la calidad del agua se pueden desarrollar con rapidez y exactitud por medio de análisis volumétricos; una técnica que depende de la medición de volúmenes de un reactivo líquido de concentración conocida. Se utiliza comúnmente el análisis volumétrico en la determinación de:

- Alcalinidad

- Acidez
- Dureza
- Cloruros
- Oxígeno disuelto
- DQO

Los elementos para el análisis volumétrico son relativamente simples:

1. Una pipeta para transferir un volumen conocido de la muestra a un matraz cónico.
2. Una solución estándar del reactivo apropiado. Es conveniente hacer la concentración de la solución estándar para que 1 ml de la solución sea químicamente equivalente a 1 mg de la sustancia bajo análisis.
3. Un indicador para saber cuándo se alcanza al punto final de la reacción. Los indicadores, pueden ser electrométricos, de ácido-base, de precipitación, de adsorción y de oxidación- reducción.
4. Una bureta graduada para la medición exacta del volumen de solución estándar necesario para alcanzar el punto final.

1.6.2.3 Análisis colorimétrico.

Cuando se trata de bajas concentraciones, los análisis colorimétricos son muy apropiados y hay muchas determinaciones en el control de calidad del agua que se pueden efectuar rápida y fácilmente con esta forma de análisis.

Para ser cuantitativo, un método colorimétrico debe basarse en la formación de un producto completamente soluble con un color estable. El color producido se puede medir por varios métodos:

Métodos Visuales.

a) Tubos de comparación (tubos de Nessler). Se prepara un juego estándar de concentraciones de la sustancia bajo análisis y se agrega el reactivo apropiado. La muestra desconocida se trata de la misma manera y se compara hasta que coincida con los estándares mediante la observación de las soluciones contra fondo blanco.

b) Discos de color. Los estándares están en la forma de una serie de filtros de vidrio debidamente coloreados a través de los cuales se observa una profundidad estándar de agua destilada o muestra sin los reactivos que forma el color. La muestra en un tubo similar se compara contra el disco de color y se selecciona la mejor coincidencia visual.

Métodos instrumentales.

a) Absorciómetro o colorímetro. Este tipo de instrumento consiste de una celda de vidrio para la muestra a través de la cual pasa un rayo de luz de una lámpara. La luz que atraviesa la muestra la detecta una celda fotoeléctrica que registra la intensidad de una caratula calibrada.

b) Espectrofotómetro. Es un instrumento más exacto con el mismo principio de un absorciómetro pero con el empleo de un prisma para proyectar luz monocromática de la longitud de onda deseada.

1.6.3 Análisis automatizados y monitoreo a distancia.

Son utilizadas en laboratorios donde se analiza un número alto de muestras, se emplean técnicas automatizadas para acelerar el trabajo. Muchas de estas técnicas utilizan determinaciones colorimétricas con un muestreador automático que

alimenta a un espectrofotómetro; los datos de salida se registran en graficas continuas o en formato compatible con computador.

En contraste con esta situación, hay necesidad de operar instalaciones de monitoreo a distancia en forma continua, particularmente en las fuentes de agua cruda, para contar con datos anticipados de cualquier cambio en la calidad del agua. Para este propósito, la instrumentación se requiere que opere por largos periodos sin otra atención que el mantenimiento y la calibración. (TEBBUTT, 2002).

1.7 Aguas residuales.

Se denomina aguas servidas a aquellas que resultan del uso doméstico o industrial del agua. Se les llama también aguas residuales, aguas negras o aguas cloacales. Son residuales pues, habiendo sido usada el agua, constituyen un residuo, algo que no sirve para el usuario directo; son negras por el color que habitualmente tienen. En todo caso, están constituidas por todas aquellas aguas que son conducidas por el alcantarillado e incluyen, a veces, las aguas de lluvia y las infiltraciones de agua del terreno.

Los contaminantes de las aguas servidas son los sólidos suspendidos y disueltos que consisten en materias orgánicas e inorgánicas, nutrientes, aceites y grasas, sustancias tóxicas, microorganismos patógenos.

El tratamiento de aguas servidas es un tema muy importante pues está en riesgo la salud de muchas personas, que por estar en contacto con aguas que no han sido tratadas de forma adecuada pueden llegar a contraer enfermedades graves como: hepatitis, tifus, cólera, etc. Es importante que el tratamiento de depuración de

aguas sea bien hecho, por eso es bueno que la gente sepa a donde va parar el agua que utiliza. (MARSILLI, 2005).

1.7.1 Sistemas de tratamientos de aguas residuales.

El tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua efluente del uso humano. El objetivo del tratamiento es producir agua limpia (o efluente tratado) o reutilizable en el ambiente y un residuo sólido o fango (también llamado biosólido o lodo) convenientes para su disposición o reúso. Es muy común llamarlo depuración de aguas residuales para distinguirlo del tratamiento de aguas potables.

Las aguas residuales son generadas por residencias, instituciones y locales comerciales e industriales. Éstas pueden ser tratadas dentro del sitio en el cual son generadas (por ejemplo: tanques sépticos u otros medios de depuración) o bien pueden ser recogidas y llevadas mediante una red de tuberías y eventualmente bombas a una planta de tratamiento municipal.

Los esfuerzos para recolectar y tratar las aguas residuales domésticas de la descarga están típicamente sujetos a regulaciones y estándares locales, estatales y federales (regulaciones y controles). A menudo ciertos contaminantes de origen industrial presentes en las aguas residuales requieren procesos de tratamiento especializado.

Típicamente, el tratamiento de aguas residuales comienza por la separación física inicial de sólidos grandes (basura) de la corriente de aguas domésticas o industriales empleando un sistema de rejillas (mallas), aunque también pueden ser triturados esos materiales por equipo especial; posteriormente se aplica un

desarenado (separación de sólidos pequeños muy densos como la arena) seguido de una sedimentación primaria (o tratamiento similar) que separe los sólidos suspendidos existentes en el agua residual.

Para eliminar metales disueltos se utilizan reacciones de precipitación, que se utilizan para eliminar plomo y fósforo principalmente. A continuación sigue la conversión progresiva de la materia biológica disuelta en una masa biológica sólida usando bacterias adecuadas, generalmente presentes en estas aguas.

Una vez que la masa biológica es separada o removida (proceso llamado sedimentación secundaria), el agua tratada puede experimentar procesos adicionales (tratamiento terciario) como desinfección, filtración, etc.

El efluente final puede ser descargado o reintroducido de vuelta a un cuerpo de agua natural (corriente, río o bahía) u otro ambiente (terreno superficial, subsuelo, etc.). Los sólidos biológicos segregados experimentan un tratamiento y neutralización adicional antes de la descarga o reutilización apropiada.

1.7.2 Pasos de tratamiento:

En el tratamiento de aguas residuales se pueden distinguir hasta cuatro etapas que comprenden procesos químicos, físicos y biológicos:

- Tratamiento preliminar, destinado a la eliminación de residuos fácilmente separables y en algunos casos un proceso de pre-aireación.
- Tratamiento primario que comprende procesos de sedimentación y tamizado.
- Tratamiento secundario que comprende procesos biológicos aerobios y anaerobios y físico-químicos (floculación) para reducir la mayor parte de la DBO.

- Tratamiento terciario o avanzado que está dirigido a la reducción final de la DBO, metales pesados y/o contaminantes químicos específicos y la eliminación de patógenos y parásitos.

1.7.3 Sistemas de tratamiento biológico:

Los objetivos del tratamiento biológico son tres:

- reducir el contenido en materia orgánica de las aguas,
- reducir su contenido en nutrientes,
- eliminar los patógenos y parásitos.

Estos objetivos se logran por medio de procesos aeróbicos y anaeróbicos, en los cuales la materia orgánica es metabolizada por diferentes cepas bacterianas.

1.7.3.1 Estanques de lodos activos.

El tratamiento se proporciona mediante difusión de aire por medios mecánicos en el interior de tanques. Durante el tratamiento los microorganismos forman floculos que, posteriormente, se dejan sedimentar en un tanque, denominado tanque de clarificación. El sistema básico comprende, pues, un tanque de aireación y un tanque de clarificación por los que se hace pasar los lodos varias veces.

Los dos objetivos principales del sistema de lodos activados son: 1º) la oxidación de la materia biodegradable en el tanque de aireación y 2º) la floculación que permite la separación de la biomasa nueva del efluente tratado. Este sistema permite una remoción de hasta un 90% de la carga orgánica pero tiene algunas desventajas: en primer lugar requiere de instalaciones costosas y la instalación de equipos electromecánicos que consumen un alto costo energético. Por otra parte produce un mayor volumen de lodos que requieren de un tratamiento posterior por

medio de reactores anaeróbicos y/o su disposición en rellenos sanitarios bien instalados. (MARSILLI, 2005).

1.7.3.2 Tratamiento anaerobio.

Consiste en una serie de procesos microbiológicos, dentro de un recipiente hermético, dirigidos a la digestión de la materia orgánica con producción de metano. Es un proceso en el que pueden intervenir diferentes tipos de microorganismos pero que está dirigido principalmente por bacterias. Presenta una serie de ventajas, generalmente requiere de instalaciones menos costosas, no hay necesidad de suministrar oxígeno por lo que el proceso es más barato y el requerimiento energético es menor.

Por otra parte se produce una menor cantidad de lodo (el 20% en comparación con un sistema de lodos activos), y además este último se puede disponer como abono y mejorador de suelos. Los principales productos del proceso del tratamiento anaerobio, son el biogás y un efluente estabilizado.

Biogás: Es una mezcla gaseosa formada, principalmente, por metano y dióxido de carbono y pequeñas proporciones de otros gases, como H₂S, H₂, NH₃, etc. La composición o riqueza del biogás depende del material digerido y del funcionamiento del proceso.

Efluente: Se puede decir que el efluente es la mezcla del influente estabilizado y la biomasa microbiana producida. Durante el proceso anaerobio, parte de la materia orgánica se transforma en metano, por lo que el contenido en materia orgánica es menor que en el influente. Se trata, además, de un producto más mineralizado que el influente, con lo que normalmente aumenta el contenido de nitrógeno amoniacal y disminuye el nitrógeno orgánico. (CAMPOS, 2001).

1.7.3.3 Humedales artificiales.

Este sistema consiste en la reproducción controlada, de las condiciones existentes en los sistemas lagunares someros o de aguas lenticas los cuales, en la naturaleza, efectúan la purificación del agua.

Esta purificación involucra una mezcla de procesos bacterianos aerobios-anaerobios que suceden en el entorno de las raíces de las plantas hidrófilas, las cuales a la vez que aportan oxígeno consumen los elementos aportados por el metabolismo bacteriano y lo transforman en follaje. Quizás se podría mencionar como única desventaja la mayor cantidad de superficie necesaria.

1.8 Aspectos legales.

Según la Constitución de la República del Ecuador 2008, Título VII, Capítulo segundo, Sección sexta: Agua, indica:

Art. 411.-El estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua. La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua.

Art. 412.- La autoridad a cargo de la gestión del agua será responsable de su planificación, regulación y control. Esta autoridad cooperará y se coordinará con lo que tenga a su cargo la gestión ambiental para garantizar el manejo del agua con un enfoque ecosistémico. (COLECCIÓN CHE GUEVARA, 2008).

Según la **Ley de aguas 2004**, en su Título II, correspondiente a la conservación y contaminación de las aguas, Capítulo I, de la conservación, señala:

Art. 20.- A fin de lograr las mejores disponibilidades de las aguas, el Consejo Nacional de Recursos Hídricos, prevendrá, en lo posible, la disminución de ellas, protegiendo y desarrollando las cuencas hidrográficas y efectuando los estudios de investigación correspondientes.

Las concesiones y planes de manejo de las fuentes y cuencas hídricas deben contemplar los aspectos culturales relacionados a ellas, de las poblaciones indígenas y locales.

Art. 21.- El usuario de un derecho de aprovechamiento, utilizará las aguas con la mayor eficiencia y economía, debiendo contribuir a la conservación y mantenimiento de las obras e instalaciones de que dispone para su ejercicio.

Así también en el Capítulo II, de la contaminación, nos dice:

Art. 22.- Prohibase toda contaminación de las aguas que afecte a la salud humana o al desarrollo de la flora o de la fauna.

El Consejo Nacional de Recursos Hídricos, en colaboración con el Ministerio de Salud Pública y las demás entidades estatales, aplicará la política que permita el cumplimiento de esta disposición.

Se concede acción popular para denunciar los hechos que se relacionan con contaminación de agua. La denuncia se presentará en la Defensoría del Pueblo.

De acuerdo al **Sistema Único de Manejo Ambiental (SUMA)**, y al **Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULAS) 2003**, expresa los límites máximos permisibles, para descargas a un cuerpo de agua dulce así como el agua para el uso en la agricultura y ganadería.

TABLA N° 7. Norma Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas.	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aldehídos		mg/l	2,0
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	Nmp/100 ml		Remoción > al 99,9 %
Color real	Color real	unidades de color	*Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅ .	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	250
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitratos + Nitritos	Expresado como Nitrógeno (N)	mg/l	10,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	15
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,05

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales.	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Sedimentables		ml/l	1,0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	100
Sólidos totales		mg/l	1 600
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	1000
Sulfitos	SO ₃	mg/l	2,0
Sulfuros	S	mg/l	0,5
Temperatura	°C		< 35
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0
Vanadio		mg/l	5,0
Zinc	Zn	mg/l	5,0

* La apreciación del color se estima sobre 10 cm de muestra diluida.

Fuente: **Ministerio del Ambiente, 2012.**

TABLA N° 8. Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico (total)	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro (total)	B	mg/l	1,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,01
Carbamatos totales	Concentración total de carbamatos	mg/l	0,1
Cianuro (total)	CN ⁻	mg/l	0,2
Cobalto	Co	mg/l	0,05
Cobre	Cu	mg/l	2,0
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,1
Fluor	F	mg/l	1,0

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Hierro	Fe	mg/l	5,0
Litio	Li	mg/l	2,5
Materia flotante	Visible		Ausencia
Manganeso	Mn	mg/l	0,2
Molibdeno	Mo	mg/l	0,01
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,001
Níquel	Ni	mg/l	0,2
Organofosforados (totales)	Concentración de organofosforados totales.	mg/l	0,1
Organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales.	mg/l	0,2
Plata	Ag	mg/l	0,05
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Plomo	Pb	mg/l	0,05
Selenio	Se	mg/l	0,02
Sólidos disueltos totales		mg/l	3 000,0
Transparencia de las aguas medidas con el disco secchi.			mínimo 2,0 m
Vanadio	V	mg/l	0,1
Aceites y grasa	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Coliformes Totales	nmp/100 ml		1 000
Huevos de parásitos		Huevos por litro	cero
Zinc	Zn	mg/l	2,0

Fuente: **Ministerio del Ambiente, 2012.**

TABLA N° 9. Criterios de calidad admisibles para aguas de uso pecuario.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Valor máximo permisible
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico (total)	As	mg/l	0,2
Bario	Ba	mg/l	1,0
Boro (total)	B	mg/l	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,05
Carbamatos (totales)	Concentración de carbamatos totales	mg/l	0,1

Parámetros	Expresado como	Unidad	Valor máximo permisible
Cianuro (total)	CN ⁻	mg/l	0,2
Cinc	Zn	mg/l	25,0
Cobre	Cu	mg/l	0,5
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	1,0
Hierro	Fe	mg/l	1,0
Litio	Li	mg/l	5,0
Materia flotante	Visible		Ausencia
Manganeso	Mn	mg/l	0,5
Molibdeno	Mo	mg/l	0,005
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Nitratos + nitritos	N	mg/l	10,0
Nitritos	N-nitrito	mg/l	1,0
Níquel	Ni	mg/l	0,5
Oxígeno disuelto	O.D.	mg/l	3,0
Organofosforados (totales)	Concentración de organofosforados totales	mg/l	0,1
Organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales.	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Plata	Ag	mg/l	0,05
Plomo	Pb	mg/l	0,05
Selenio	Se	mg/l	0,01
Sólidos disueltos totales		mg/l	3 000
Transparencia de las aguas medidas con el disco secchi.			mínimo 2,0 m
Vanadio	V	mg/l	10,0
Coliformes fécales	nmp por cada 100 ml		Menor a 1 000
Coliformes totales	nmp por cada 100 ml		Promedio mensual menor a 5 000

Fuente: **Ministerio del Ambiente, 2012.**

TABLA N° 10. Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2176:98 Métodos de preservación de muestras de aguas.

Parámetro	Tipo de recipiente	Lugar del Análisis	Tiempo máximo de conservación	Técnicas de Conservación
FÍSICO-QUÍMICOS				
Color	P o V	En el sitio		
Temperatura Agua	P o V	En el sitio	Medida “in situ”	
Temperatura Ambiente		En el sitio	Medida “in situ”	
Sólidos Totales	P o V	Laboratorio	24 h.	Refrigerar entre 2°C y 5°C
Sólidos Disueltos (TDS)	P o V	Laboratorio	24 h.	
pH	P o V		Medida “in situ” o de manera inmediata	Transportar a temperatura más baja que la inicial
Conductividad	P o V	Laboratorio	24 h.	Refrigerar entre 2°C y 5°C
Turbidez	P o V	Laboratorio	24 h.	
Dureza Total	P o V	Laboratorio	24 h.	
Alcalinidad	P o V	Laboratorio	24 h.	Refrigerar entre 2°C y 5°C
ORGÁNICOS				
Oxígeno disuelto	P o V		Medida “in situ” o de manera inmediata	Fijar el oxígeno en el sitio y guardar en la oscuridad
Fenoles	V	Laboratorio	24 h.	Refrigerar entre 2°C y 5°C guardar en la oscuridad
Hidrocarburos Totales de Petróleo	V	Laboratorio	24 h.	Extraer en el sitio y refrigerar entre 2°C y 5°C
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	V	Laboratorio	24 h.	Extraer en el sitio y refrigerar entre 2°C y 5°C
DBO	P o V	Laboratorio	6h.	Refrigerar entre 2°C y 5°C guardar en la oscuridad
DQO	P o V	Laboratorio	5 días	Acidificar a pH < 2, refrigerar entre 2°C y 5°C,

				guardar en la oscuridad
METALES				
Bario	P o V	Laboratorio	1 mes	Filtración en el lugar de muestreo y acidificación del filtrado a pH < 2
Cadmio	P o V	Laboratorio	1 mes	Filtración en el lugar de muestreo y acidificación del filtrado a pH < 2
Plomo	P o V	Laboratorio	1 mes	Filtración en el lugar de muestreo y acidificación del filtrado a pH < 2
Mercurio	V	Laboratorio	1 mes	Acidificar a pH < 2 con HNO ₃ y adición de K ₂ CR ₂ O ₇
Cromo	P o V	Laboratorio	1 mes	Filtración en el lugar de muestreo y acidificación del filtrado a pH < 2
Zinc	P o V	Laboratorio	1 mes	Filtración en el lugar de muestreo y acidificación del filtrado a pH < 2
Hierro	P o V	Laboratorio	1 mes	Filtración en el lugar de muestreo y acidificación del filtrado a pH < 2
Manganeso	P o V	Laboratorio	1 mes	Filtración en el lugar de muestreo y acidificación del filtrado a pH < 2
MICROBIOLÓGICO				
Cloro residual	P o V	En el sitio		
Coliformes Fecales	Recipiente estéril	Laboratorio	8 h.	Refrigerar entre 2°C y 5°C
Coliformes Totales	Recipiente estéril	Laboratorio	8 h.	Refrigerar entre 2°C y 5°C

Fuente: Inen, 2012.

CAPÍTULO II

2. MATERIALES Y MÉTODOS.

2.1 Metodología:

Para el presente trabajo de investigación se utilizó el tipo de investigación descriptivo el que nos permitió ordenar los resultados de las diferentes observaciones del río Pumacunchi, para lo cual siguió los siguientes pasos:

1. Diagnóstico de la situación actual del río Pumacunchi.
2. Identificación y descripción de los focos de contaminación.
3. Toma de muestras de agua en los puntos de contaminación seleccionados.
4. Análisis físico, químico y bacteriológico de las muestras.
5. Análisis e interpretación de resultados.
6. Propuesta para minimizar la contaminación en el río Pumacunchi.

2.2 Métodos:

Los métodos empleados para la cuantificación del trabajo de investigación fueron:

Método Inductivo-Deductivo.- El método en mención ha sido utilizado fundamentalmente para identificar las fuentes de contaminación mediante la observación, luego el análisis de las muestras en el laboratorio, posteriormente a la comparación de resultados, al comprobar que en algunos parámetros sobrepasaban los límites se pudo deducir que el río Pumacunchi se encontraba contaminado.

Método Descriptivo.- Permitió describir los fenómenos presentes, tales como los focos de contaminación, así como la situación actual del río Pumacunchi.

Método Experimental.- Al ser una tesis que busco recopilar información, se consideraron aspectos como son la recolección, almacenamiento y el análisis de las muestras de agua para determinar la calidad del afluente mediante el análisis físico, químico, bacteriológico y la obtención de los resultados en el laboratorio.

Método Estadístico.- Se utilizó para la interpretación adecuada de los resultados obtenidos en los análisis, considerando parámetros establecidos en normas vigentes en la Ley de gestión ambiental, referente al recurso agua.

2.3 Técnicas:

Las técnicas utilizadas son:

- Observación.- Para el trabajo de campo se recurrió a esta técnica para recoger información mediante la observación.
- Recolección.- esta técnica fue utilizada para la toma de muestras.
- El experimento.- Esta técnica se utilizó en el laboratorio para el análisis de las muestras y evaluar la concentración de algunas sustancias contaminantes.
- Bibliográfica.- Esta técnica fue utilizada en la recolección de la información documental y en la comparación de los resultados.

2.4 Materiales:

Los materiales utilizados en la investigación fueron:

- Cámara.

- GPS.
- Guantes de caucho.
- Recipientes para muestras.
- Libreta de apuntes.
- Esferográficos.
- Mascarilla desechable.
- Computadora
- Flash memory
- Hojas de papel bond

En la investigación de campo realizado, se recorrió por la orilla del río del trayecto en estudio. Con la ayuda de una cámara fotográfica y un GPS (Sistema de Posicionamiento Global), se identificaron los focos de contaminación observados, tomando de esta manera las coordenadas exactas y las respectivas fotos, para posteriormente realizar el resumen con toda la información recolectada.

2.5 Descripción del área de estudio.

El río Pumacunchi se forma de la unión de los ríos Negro y Pintze, el río Negro nace del sector noroccidente del Cantón Latacunga de la unión de varios riachuelos y quebradas que se originan en los páramos de Chalúa; el río Pintze se forma de la unión de un ramal del río Blanco y la quebrada Pucayaco, estos provienen de los deshielos de los Ilinizas, localizados en el sector norte del cantón.

La investigación para la identificación de focos de contaminación y la determinación de los principales contaminantes en el río Pumacunchi, se realizó entre las coordenadas 17, 756997 E y 9913926 N cota 3089 msnm, hasta: 17, 762590 E y 9906512 N cota 2882 msnm, pertenecientes a las parroquias de Toacazo y Guaytacama, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi.

El tramo de estudio se encuentra entre las comunidades de Pintze, la Libertad, pertenecientes a la parroquia de Toacazo; Canchagua que pertenecen al cantón Saquisilí; Cuicuno, Guamani Narváez, Pupaná, pertenecientes a la parroquia de Guaytacama, al noroccidente del cantón Latacunga aproximadamente a 15 Kilómetros.

Las estaciones climáticas verano e invierno que anteriormente eran definidas, en la actualidad por factores de la indiscriminada deforestación y la contaminación, ha variado ostensiblemente, constituyéndose en enigma precisar el inicio de estas temporadas que en todo caso crea desconfianza y malestar entre los pobladores de esta zona.

El suelo en esta zona es arenoso y pierden grandes cantidades en las épocas de invierno, pues se forman ríos de lodo que se escurren hacia los caminos y quebradas que dan al río Pumacunchi, por ello es que esas aguas son negras a cafés en esta época.

Esto se agrava en el trayecto de su recorrido, ya que existe descargas directas de alcantarillados de todos estos sectores, como también la basura que los moradores cercanos al río depositan directa e indirectamente.

No existe sistemas de tratamientos de las aguas servidas en estos sectores, a excepción del sector de Cuicuno que tiene su proceso de tratamiento, tampoco existe un control de la contaminación del río, por lo que al desembocar al río Cutuchi, el problema se agudiza.

2.5.1 Ubicación.

Extensión:

La investigación se realizó en una extensión aproximada de 8 kilómetros, pertenecientes a las parroquias de Toacazo y Guaytacama, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi.

Fisiografía:

Entendiéndose como la descripción de su cauce, podemos manifestar que en su trayectoria desde el sector de Toacazo y Cuicuno forma una quebrada, muy pronunciada en ciertos sectores, formando pendientes con suelo en proceso de erosión, hasta llegar al sector denominado puente de Saquisilí, de ahí su recorrido lo hace río abajo por un territorio generalmente plano, favoreciendo la agricultura, especialmente de pastizales y otras con fines comerciales.

Límites:

Este tramo de estudio se encuentra al noroccidente del cantón Latacunga, limitada:

NORTE: entre las comunidades de Pintze, la Libertad, pertenecientes a la parroquia de Toacazo.

SUR: las comunidades de Yanashpa y Cevallos pertenecientes a la parroquia Guaytacama.

ESTE: las comunidades de Cuicuno, Guamani Narvárez, Pupaná Sur, que pertenecen a la parroquia de Guaytacama.

OESTE: se encuentra Canchagua que pertenecen al cantón Saquisilí; Pupaná Norte, Pupaná Sur y Yanashpa pertenecientes a la parroquia de Guaytacama.

2.5.2 Aspecto Geográfico.

Longitud:

- -78°37'0,11999999999989"

Latitud

- -0°55'59,9988"

Coordenadas Universal Transverse Mercator UTM.

- QU69

Altitud

- 2882 msnm. (Parte baja)
- 3089 msnm. (Parte alta)

FOTO N° 1. Tramo del río Pumacunchi.



Fuente: **El autor, 2012.**

FIGURA N° 2. Ubicación del río Pumacunchi en el mapa de Cotopaxi.



Fuente: ESPOL, 2012.

Clima:

El clima es variable entre estas zonas, así: En la parroquia de Toacazo la temperatura media es de 9°C a 18°C. En la parroquia Guaytacama fluctúa entre los 8°C, por las mañanas y los 18°C al medio día. La temperatura media en la zona de Canchagua es de 14 a 18°C, aunque existen temperaturas extremas en ciertas mañanas de los meses de noviembre, diciembre, febrero y agosto que llegó a menos 5°C en el año 2005.

Precipitación:

Por la altitud y la formación vegetal y en función de datos de zonas agroecológicamente similares estas zonas reciben de 500 a 1.500 mm de precipitación por año, distribuido en los meses de septiembre a noviembre y de enero a mayo. (TAPIA, 2006).

Vegetación:

En las orillas del río se encuentran especies vegetales como:

TABLA N° 11. Especies vegetales existentes en la zona.

Nombre común	Nombre científico
Ashpa chocho	Lupinus pubescens
Retama	Retama Sphaerocarpa
Helecho	Varias especies (Pteridium aquilinum)
Musgo	Varias Especies (Callicostaceae thamniosis)
Chulco	Oxalis lotoides Kunth
Chilca	Baccharis floribunda
Caballo chupa	Equisetum giganteum
Sigse	Cortaderia nítida (kunth) Pilger
Eucalipto	Eucaliptos globulus
Capulí	Prunus cerofita
Quishuar	Buddleja incana
Totora	Scirpus californicus
Cabuya	Agave Americana
Cebadilla	Bromus catharticus
Hierba mora	Solanum Interandinum
Santa María	Eupatorium odoratum
Gramma	Cynodon dactylon
Trébol	Trifolium amabile

Alfalfa	Medicago sativa
Raigrás	Lolium perenne
Avena	Avena sativa
Vicia	Vicia sativa
Papa	Solanum tuberosum
Maíz	Zea mays
Alcachofa	Cynara scolymus
Brócoli	Brassica oleracea

Fuente: **El autor, 2012.**

En lugares donde existe planicie y riego, se observó pequeñas parcelas de pastizales, como también cultivos de papa, maíz, alcachofa, brócoli, estas dos últimas en grandes extensiones en el sector de la hacienda de Canchagua en Saquisilí y Nintangá en Guaytacama, con fines comerciales para el mercado internacional.

2.6 Descripción de focos de contaminación identificados en el río Pumacunchi.

FOTO N° 2. Unión de los ríos Negro y Pintze, forman el Pumacunchi.



Fuente: **El autor, 2012.**

En el punto de unión del río Negro y el Pintze, coordenadas 17, 756997 E y 9913926 N cota 3089 msnm, se observó que existe contaminación, puesto que el color del agua es turbia y contiene además material sólidos, esto puede ser causa de la estación invernal que está atravesando el sector.

En los primeros metros de su trayecto existe la presencia de ramas de árboles en medio del río en las que se represa la basura que los habitantes de los sectores aledaños arrojan directa e indirectamente al río, la mayoría de la basura son: fundas y botellas plásticas, llantas de carros, etc.

En el mismo punto se identificó un escurrimiento que es la del alcantarillado de la población de Toacazo, la tubería es obsoleta y llega hasta unos 200 metros antes del río, por detrás de la florícola denominado Flores Toacazo, desde este sector las aguas servidas atraviesa un terreno con pastizales como si lo estuviese regando, sus escurrimientos llegan al río Pumacunchi.

FOTO N° 3. Botadero de basura.



Fuente: **El autor, 2012.**

En el transcurso del recorrido se encontró un botadero de basura detrás de la iglesia de Cuicuno, específicamente en las coordenadas, 17, 759345 E y 9910990 N cota 3097 msnm, en donde existe basura de toda clase incluso animales muertos en proceso de descomposición, depositados en una quebrada seca, con la lluvia desemboca directamente en el río Pumacunchi en las coordenadas 17, 759022 E y 9910840 N cota 2993 msnm.

En las coordenadas 17, 760114 E y 9910256 N cota 2962 msnm, se observó rastros de que existía anteriormente una descarga directa al río, de aguas servidas procedentes del alcantarillado de la comunidad de Cuicuno, actualmente existe una tanque recolector, en donde se acumula toda las aguas servidas, es la única por el sector, ésta se encuentra en la propiedad del Sr. Marco Gallegos, quien utiliza estas aguas servidas para regadío de pastizales.

FOTO N° 4. Antiguo basurero de Saquisilí.



Fuente: **El autor, 2012.**

En las coordenadas 17, 760464 E y 9910014 N cota 2946 msnm, se localizó un basurero antiguo, en donde se arrojaba la basura del cantón Saquisilí, actualmente esa basura está en proceso de descomposición, como se encuentra en la orilla del

río, todos los lixiviados drenan hacia su caudal. También se encontró embaces de pesticidas y basura depositada recientemente. En estas coordenadas se encontró restos de un puente antiguo que comunicaba a Saquisilí con Guamani Narváez, que se encuentra destruido, lo que hace deducir que la basura proviene del sector sur del puente, pues en dicho sector se encuentra una hacienda con cultivos de alcachofa y brócoli.

FOTO N° 5. Puente de Saquisilí.



Fuente: **El autor, 2012.**

En las coordenadas 17, 760468 E y 9909524 N cota 2945 msnm, se encuentra el puente denominado de Saquisilí. Este sector se considera crítico, a este lugar lo han convertido en un basurero constante, aquí se observó gran cantidad de basura, pues la gente viene de todo lugar en sus vehículos y depositan aquí los desechos de toda clase.

En el recorrido que se realizó, en la orilla del río se encontró jeringas utilizadas con restos de medicamentos arrojados recientemente provenientes de algún centro médico. A pesar de que el municipio de Saquisilí está limpiando constantemente la parte superior del puente, no es suficiente para poder terminar con este mal

hábito que tiene la gente, pues siempre se encuentra basura en las orillas e incluso en el río.

FOTO N° 6. Descarga del primer sistema de alcantarillado de la parroquia Guaytacama.



Fuente: **El autor, 2012.**

En las coordenadas 17, 761920 E y 9908344 N cota 2920 msnm, se encuentra el puente que une a Guaytacama con el barrio Pupaná Sur, a pocos metros de este lugar, se halló un botadero de basura, al igual que otros antes señalados, existen desechos de toda clase en descomposición y arrojados recientemente.

Este punto se considera también crítico, debido a la descarga del alcantarillado de los barrios: La floresta, El calvario, Santa Ana y el centro de la parroquia de Guaytacama, evidenciando a simple vista la contaminación pues cambia de color el agua del río y se perciben olores desagradables.

FOTO N° 7. Descarga del segundo sistema de alcantarillado de la parroquia Guaytacama.

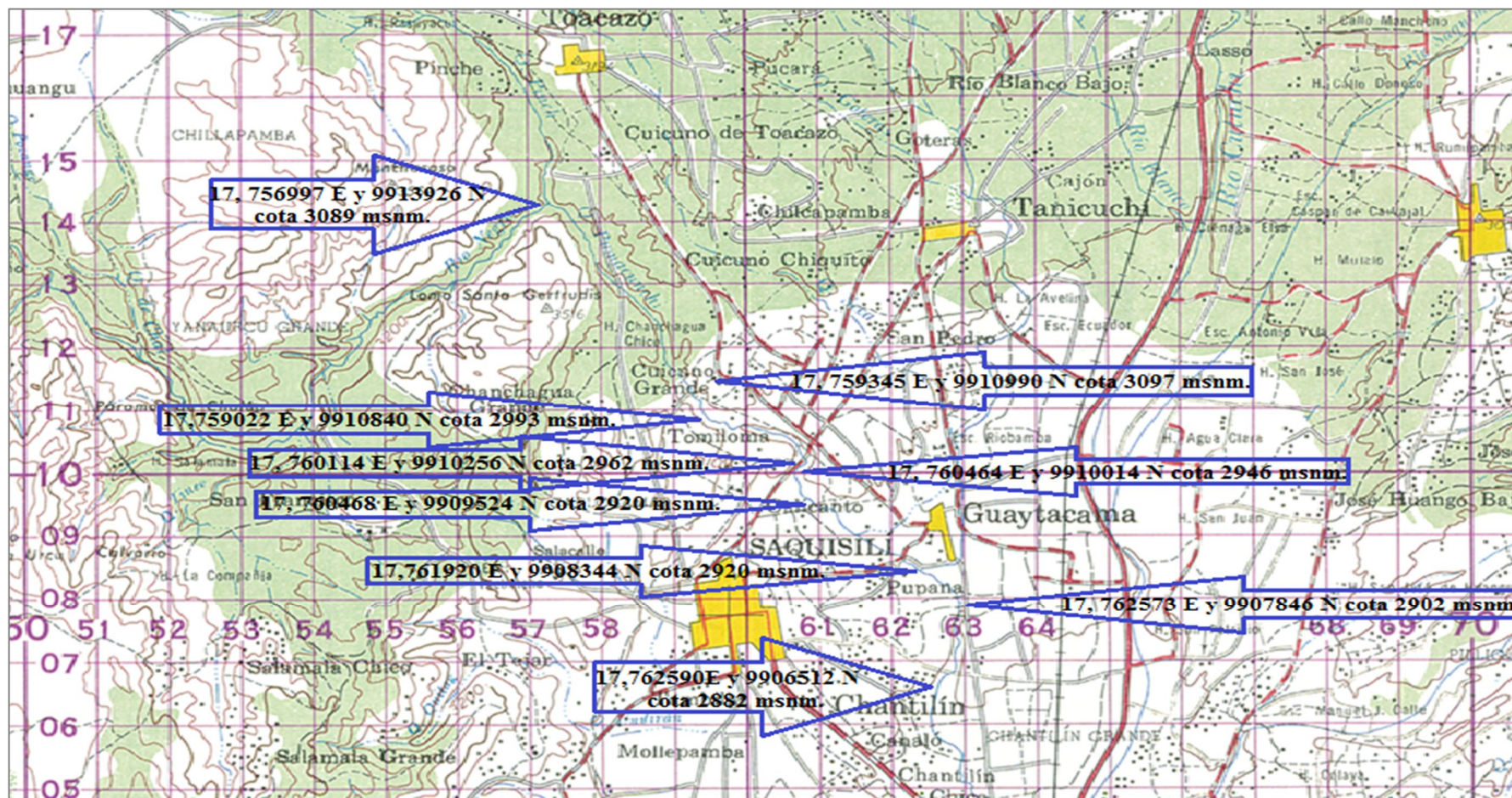


Fuente: **El autor, 2012.**

En las coordenadas 17, 762573 E y 9907846 N cota 2902 msnm, se topó con otra descarga de alcantarillado de igual magnitud que el anterior, que recoge las aguas servidas de los barrios: Pilacoto, La Libertad, San Sebastián, Cevallos y parte del centro de la parroquia Guaytacama, en los análisis correspondientes se conocerá los parámetros, sustancias que contienen estas aguas servidas y en que niveles están presentes, ya que estos sistemas de alcantarillado no cuentan con ningún tipo de tratamiento y la contaminación se observa a simple vista.

A partir de las coordenadas antes mencionadas hasta finalizar el tramo en estudio, se localizan cultivos de brócoli y alcachofa de propiedad de la hacienda Nintanga, en donde se utilizan agroquímicos para mantener el cultivo; los lixiviados de estos drenan directamente al río por encontrarse en sus riberas, posteriormente con el análisis respectivo conoceremos las sustancias que contienen estas aguas.

FIGURA N° 3. Ubicación de focos de contaminación, según coordenadas UTM, en el mapa cartográfico del cantón Latacunga.



Fuente: Instituto Geográfico Militar (IGM), 2010.

2.7 Recolección de muestras.

Se recolecto 4 muestras para los respectivos análisis, las muestras N° 1,3 y 4 fueron recogidas del río a 30 centímetros por debajo de la superficie del agua y a una distancia considerable de la orilla, para evitar el contacto con ésta o el lecho del río; la muestra N° 2 fue tomada de la descarga directa del alcantarillado de la parroquia Guaytacama. Las mismas se tomaron en las primeras horas de la tarde y en diferente día, considerando los momentos en que podría esperarse una máxima contaminación.

Las muestras fueron recolectadas de diferentes puntos bien identificados, en envases de polietileno de 4 litros que servirá para el análisis físico-químico, y en envases de 300 ml., para el análisis bacteriológico. El objetivo de la toma de muestra fue para poder trasladar desde el punto mismo de recolección, el volumen adecuado del efluente hasta el laboratorio, evitando de esta manera alteraciones en sus componentes antes de que estas puedan ser analizadas respectivamente.

2.7.1 Parámetros.

Los parámetros que se tomaron en cuenta para el análisis son:

TABLA N° 12. Parámetros físico-químicos y bacteriológicos.

pH	Magnesio	Mercurio
Color aparente	Hierro total	Organoclorados
Turbiedad	Sodio	Organo fosforados
Conductividad Eléctrica	Potasio	Grasas y aceites
Solidos Totales	Cloruros	Oxígeno disuelto
Sólidos en suspensión	Sulfatos	DBO
Alcalinidad total	Nitritos	DQO
Hidróxidos	Nitratos	

Bicarbonato	Cloro libre residual	
Anhídrido carbónico	RAS	Bacteriológicos
Dureza Total	RIVERSIDE	Aerobios mesófilos
Dureza carbonatada	Cadmio	Colibacilos totales
Calcio	Boro	Colibacilos fecales

Fuente: **El autor, 2012.**

a. Primera muestra.- Se tomó en el punto de unión de los dos ríos, en donde se inició la investigación, coordenadas 17, 756997 E y 9913926 N cota 3089 msnm. Los análisis se realizaron en LAQUIFARVA (Laboratorio Químico Integral), a cargo del Dr. Enrique Vayas.

Análisis físico-químico.

Presentación Envase de polietileno

Contenido 4000 ml.

Fecha de muestreo 02-03-11

Análisis físico-Bacteriológico.

Presentación Envase de polietileno

Contenido 300 ml.

Fecha de muestreo 02-03-11

b. Segunda Muestra.- se tomó en las coordenadas 17, 762573 E y 9907846 N cota 2902 msnm, en donde existe una descarga directa del alcantarillado de la parroquia Guaytacama, la muestra se recolecto de la descarga.

Análisis físico-químico.

Presentación Envase de polietileno

Contenido 4000 ml.

Fecha de muestreo 11-03-11

Análisis físico-Bacteriológico.

Presentación	Envase de polietileno
Contenido	300 ml.
Fecha de muestreo	11-03-11

c. Tercera Muestra.- se tomó de las coordenadas 17, 762590 E y 9906512 N cota 2882 msnm, en donde termina el tramo de estudio.

Análisis físico-químico.

Presentación	Envase de polietileno
Contenido	4000 ml.
Fecha de muestreo	25-03-11

Análisis físico-Bacteriológico.

Presentación	Envase de polietileno
Contenido	300 ml.
Fecha de muestreo	25-03-11

d. Cuarta Muestra.- se tomó de las coordenadas 17, 762590 E y 9906512 N cota 2882 msnm.

Análisis Químico.

Presentación	Envase de polietileno
Contenido	2000 ml.
Fecha de muestreo	5-01-13

CAPITULO III

3. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

3.1 Contaminantes directos del río Pumacunchi.

Una vez identificados los focos de contaminación podemos describir los que tienen contacto directo con el agua del río.

- Descargas de alcantarillado.
- Botadero de basura en el río y sus orillas.

3.1.1 Descargas de alcantarillado.

El crecimiento demográfico de los pueblos aledaños al río, hace que se creen necesidades, sin embargo estas necesidades no son atendidas a tiempo por las autoridades gubernamentales de turno; esto hace que en estos lugares no exista una planificación adecuada de los sistemas de alcantarillado. Se ha identificado tres fuentes de descarga de aguas servidas, una en el sector de Toacazo y dos en el sector de Guaytacama.

Los sistemas de alcantarillado existentes, son obsoletos y desembocan directamente en el río Pumacunchi generando desequilibrios ambientales, ninguno de estos sistemas cuentan con un tratamiento de aguas servidas.

3.1.2 Botadero de basura en el río y sus orillas.

La falta de una cultura ambiental de la gente y de programas de recolección de basura por parte del Municipio de Latacunga y Saquisilí, hace que los habitantes de esta zona aledaña, opten por depositar la basura en el río y sus riveras, como sucede en el denominado puente de Saquisilí, es un basurero constante, transformándole a este lugar como punto crítico de contaminación por desechos sólidos, ya que la gente llega en sus vehículos y depositan toda clase de basura.

Se encontró varios botaderos de basura en el tramo del río, al parecer no es un problema grande por el simple hecho de que se lo lleva la corriente, sin embargo la basura que se encuentra en las riveras en proceso de descomposición es el verdadero problema, ya que sus componentes y sustancias son de toda clase.

3.2 Contaminantes indirectos del río Pumacunchi.

Son aquellos que no tienen contacto directo con el río o se desconoce su origen, ya que son lixiviados en los suelos y en determinado momento llega al río por filtración volviéndose peligrosos, por su composición química.

Entre los principales tenemos:

- Plantaciones florícolas.
- Cultivos con fines comerciales.
- Contaminación natural.

3.2.1 Plantaciones florícolas.

Las plantaciones florícolas para su producción utilizan una serie de productos químicos como, fungicidas e insecticidas, para la prevención y el control de plagas y enfermedades, utilizando en fumigaciones que a más de contaminar el aire sus residuos son depositados en el suelo, por lo que en algún momento por

infiltración estos residuos llegan al río. Esto sucede en el caso de la florícola Flores Toacazo, que se encuentra aproximadamente a 200 metros del río Pumacunchi.

3.2.2 Cultivos con fines comerciales.

En el sector de Canchagua y Guaytacama existen haciendas que desde hace 15 años se dedican al cultivo especialmente del brócoli en la hacienda Nintanga, en grandes extensiones y estas se encuentran cerca del río Pumacunchi por la facilidad que tienen del agua de regadío.

Para la producción del brócoli también utilizan una elevada cantidad de agroquímicos, entre fertilizantes, matamalezas etc. Así también por infiltración los residuos de estos productos en algún momento llegan al río convirtiéndose en un grave problema.

3.2.3 Contaminación natural.

En los análisis realizados en esta investigación se determinó la presencia de Boro en una concentración de 3,15 mg/l, la presencia elevada de este elemento es porque el agua del río atraviesa formaciones de tipo volcánico, que pudieron ser formadas en el proceso de solidificación de magmas.

A más de esta fuente de contaminación natural, en épocas de invierno las aguas del río Pumacunchi acarrearán gran cantidad de arena y lodo.

3.3 Interpretación de resultados.

MUESTRA N° 1.

De acuerdo a los resultados obtenidos en los análisis físico-químico y bacteriológico realizados al agua del río Pumacunchi (muestra N° 1), en comparación a los límites máximos permisibles en algunos parámetros para agua de uso agrícola establecido por el TULAS, se obtiene la siguiente interpretación.

TABLA N° 13. Comparación de resultados de la muestra N° 1, con los criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola según el TULAS.

Parámetros	Unidad	Límite máximo permisible	Resultados de análisis M 1	Interpretación	Observaciones
ANÁLISIS FÍSICO					
Potencial de hidrógeno		6-9	7,83	Dentro del rango.	Ninguna
Color aparente	Pt-Co		30		
Olor			Sin olor		
Temperatura	°C		14		
Turbiedad	NTU		5,64		
Conductividad Eléctrica	µS/cm		406		
Sólidos totales	mg/l	3000,0	217	Por debajo del rango.	Ninguna
Sólidos Disueltos	mg/l		197		
Sólidos en Suspensión	mg/l		20		
ANÁLISIS QUÍMICO					
Alcalinidad	mg/l		162		
Carbonatos	mg/l		0		
Bicarbonatos	mg/l		222		
Anhídrido carbónico	mg/l		5,46		
Dureza Total	mg/l		130		
Dureza Carbonatada	mg/l		130		
Calcio	mg/l		36		
Magnesio	mg/l		9,75		
Hierro	mg/l	5,0	0,45	Por debajo del rango.	Ninguna
Sodio	mg/l		45,3		

Parámetros	Unidad	Límite máximo permisible	Resultados de análisis M 1	Interpretación	Observaciones
Potasio	mg/l		30,9		
Cloruros	mg/l		50		
Sulfatos	mg/l		15		
Nitritos	mg/l		0		
Nitratos	mg/l		0,7		
Cloro residual	mg/l		0		
RAS			1,74		
RIVERSIDE			C2S1		
Cadmio	mg/l	0,01	<0,01	Dentro del rango.	Ninguna
Boro (total)	mg/l	1,0	<0,1	Dentro del rango.	Ninguna
Mercurio (total)	mg/l	0,001	<0,1µg/l	Menos de una millonésima de gramo por litro.	<0,1x 10 ⁻⁶ mg/l (0,0000001)
Organofosforados (totales)	mg/l	0,1	<0,3µg/l	Menos de tres millonésimas de gramo por litro.	<0,3x 10 ⁻⁶ mg/l (0,0000003)
Organoclorados (totales)	mg/l	0,2	<0,5µg/l	Menos de cinco millonésimas de gramo por litro.	<0,5x 10 ⁻⁶ mg/l (0,0000005)
Aceites y grasas	mg/l	0,3	8,3	2766% Sobrepasa el límite.	Diluyentes de grasa, vertidos de lubricadoras, lavadoras, mecánicas.
Oxígeno disuelto	mg/l		0		
DBO	mg/l		66		
DQO	mg/l		128		
ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO					
Aerobios Mesófilos	ufc/100ml		Incontables		
Colibacilos Totales	ufc/100ml	1000	>2420		Descargas directas del alcantarillado al río.
Colibacilos Fecales	ufc/100ml		1203		

Fuente: El autor, 2012.

Como se observa en el cuadro anterior, la mayoría de los parámetros analizados indican que se encuentran por debajo o dentro del límite permitido para el agua de uso agrícola establecido en el Libro VI, Anexo 1 del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULAS), sin embargo en dos parámetros muestran concentraciones muy elevadas.

En el parámetro **Aceites y grasas** el límite máximo permisible es 0,3 mg/l, en el resultado de la muestra N° 1 indica una concentración de 8,3mg/l, sobrepasa en porcentaje 2766%, en este parámetro es donde indica niveles muy elevados de contaminación.

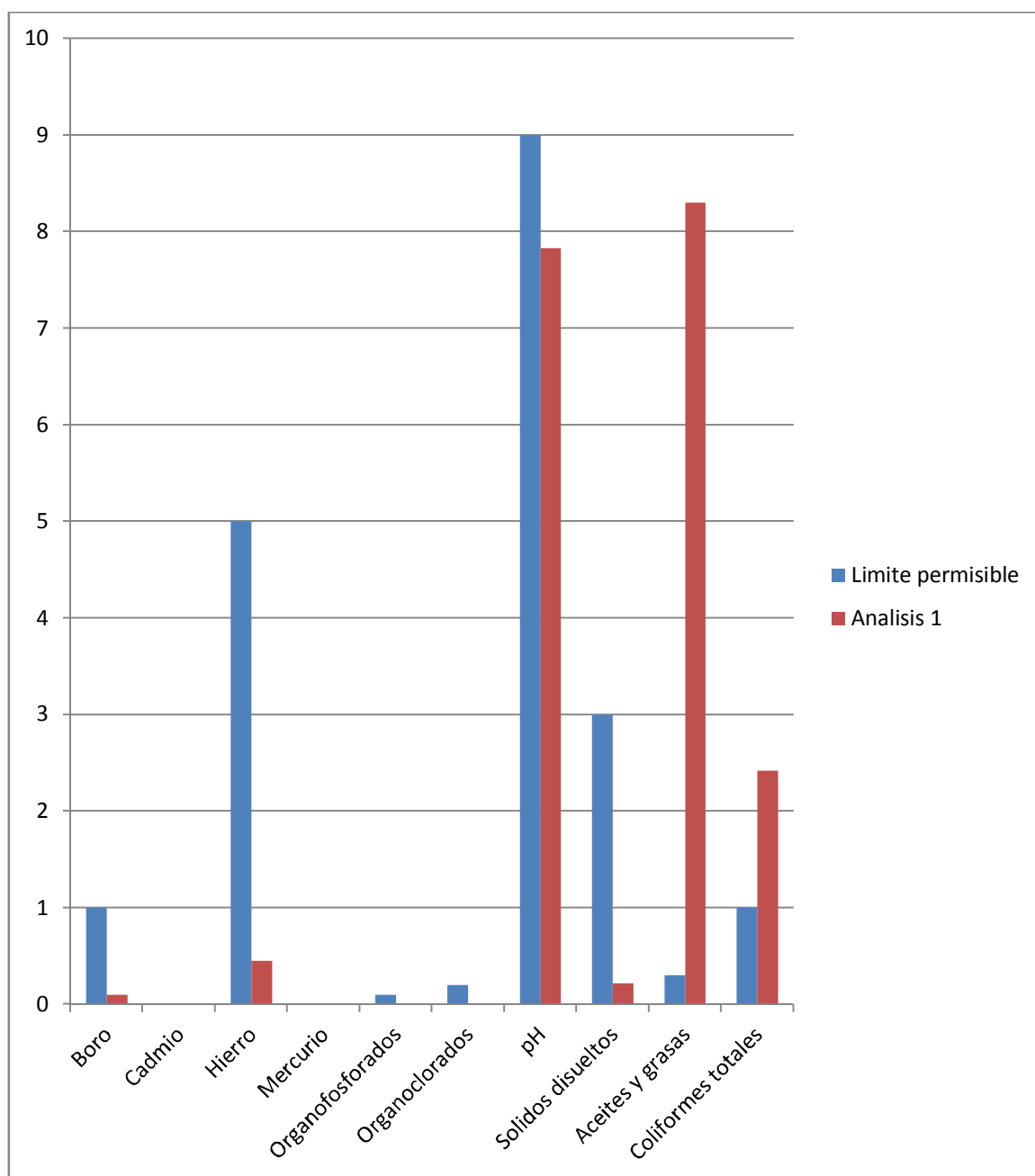
Las causas principales, la presencia de una gasolinera, una lubrilabadora, cuatro mecánicas, empresas artesanales de lácteos, a esto se suma los detergentes y diluyentes de grasas que utilizan en labores domésticas en el sector de Toacazo.

Los residuos son vertidos directamente al alcantarillado sin ningún tipo de tratamiento, mismos que desembocan en el río Pumacunchi, por lo tanto esta agua no es recomendable utilizar para la agricultura.

De igual manera en el parámetro **coliformes totales** el límite máximo permisible es de 1000 nmp/100 ml (números más probables por 100 mililitros), sin embargo en los resultados indican una cantidad mayor a 2420 ufc/100 ml (unidades formadoras de colonias), sobrepasando el límite en 242%.

La causa principal son las descargas directas del alcantarillado al río, también materia orgánica en proceso de descomposición, haciendo a estas aguas muy contaminadas.

GRÁFICO N° 1. Representación gráfica de resultados de la muestra N° 1, con los criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola según el TULAS.



Las cantidades de sólidos disueltos y coliformes totales se multiplica *1000.

Elaborado por: **El autor, 2012.**

MUESTRA N° 2.

A la normativa de la descarga a un cuerpo de agua dulce según el TULAS se lo compara con los resultados obtenidos del análisis de la muestra N° 2, procedente de la descarga del alcantarillado del sector de Guaytacama al río Pumacunchi.

TABLA N° 14. Comparación de resultados de la muestra N° 2, con los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce según el TULAS.

Parámetros	Unidad	Límite máximo permisible	Resultados análisis de descarga M 2	Interpretación	Observaciones
ANÁLISIS FÍSICO					
Potencial hidrógeno		5-9	7,56	Se encuentra dentro del rango.	Ninguna
Color real	unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20	80 (Pt-Co)		
Olor			Sin olor		
Temperatura	°C	< 35	14	Por debajo de lo permisible.	Ninguna
Turbiedad	NTU		60,3		
Conductividad Eléctrica	µS/cm		1082		
Sólidos totales	mg/l	1600	610	Por debajo de lo permisible.	Ninguna
Sólidos Disueltos	mg/l		530		
Sólidos en Suspensión	mg/l	100	80	Por debajo de lo permisible.	Ninguna
ANÁLISIS QUÍMICO					
Alcalinidad	mg/l		530		
Carbonatos	mg/l		0		
Bicarbonatos	mg/l		646		
Anhídrido carbónico	mg/l		29,6		
Dureza Total	mg/l		316		
Dureza Carbonatada	mg/l		316		
Calcio	mg/l		42,4		
Magnesio	mg/l		51,2		
Hierro	mg/l	10,0	0,13	Por debajo de	Ninguna

Parámetros	Unidad	Límite máximo permisible	Resultados análisis de descarga M 2	Interpretación	Observaciones
				lo permisible	
Sodio	mg/l		130,6		
Potasio	mg/l		88,8		
Cloruros	mg/l	1000	90		Ninguna
Sulfatos	mg/l	1000	55		Ninguna
Nitritos	mg/l		0		
Nitratos	mg/l	10,0	4,6		Ninguna
Cloro residual	mg/l	0,5	0		Ninguna
RAS			3,2		
RIVERSIDE			C2S1		
Cadmio	mg/l	0,02	<0,01	Por debajo de lo permisible	Ninguna
Boro (total)	mg/l	2,0	<0,1	Por debajo de lo permisible	Ninguna
Mercurio total	mg/l	0,005	<0,1µg/l	Menos de una millonésima de gramo por litro.	<0,1x 10 ⁻⁶ mg/l (0,0000001)
Organoclorados	mg/l	0,05	2,3µg/l	2,3 millonésimas de gramo por litro.	0,0000023mg/l
Organofosforados	mg/l	0,1	2,7µg/l	2,7 millonésimas de gramo por litro.	0,0000027mg/l
Aceites y grasas	mg/l	0,3	11,2	37,5 veces más de lo permisible. 3733%.	Diluyentes de grasa, vertidos de las fábricas de lácteos, lubricadoras y lavadoras.
Oxígeno disuelto	mg/l		0		
DBO	mg/l	100	92	Por debajo de lo permisible.	Ninguna
DQO	mg/l	250	227	Por debajo de lo permisible.	Ninguna
ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO					
Aerobios Mesófilos	ufc/100ml		Incontables		
Colibacilos Totales	ufc/100ml		>2420		
Coliformes Fecales	nmp/100ml	¹ Remoción > al 99,9 %	>2420	Por debajo de lo permisible.	Menor a 3000 no necesita tratamiento.

Fuente: El autor, 2012.

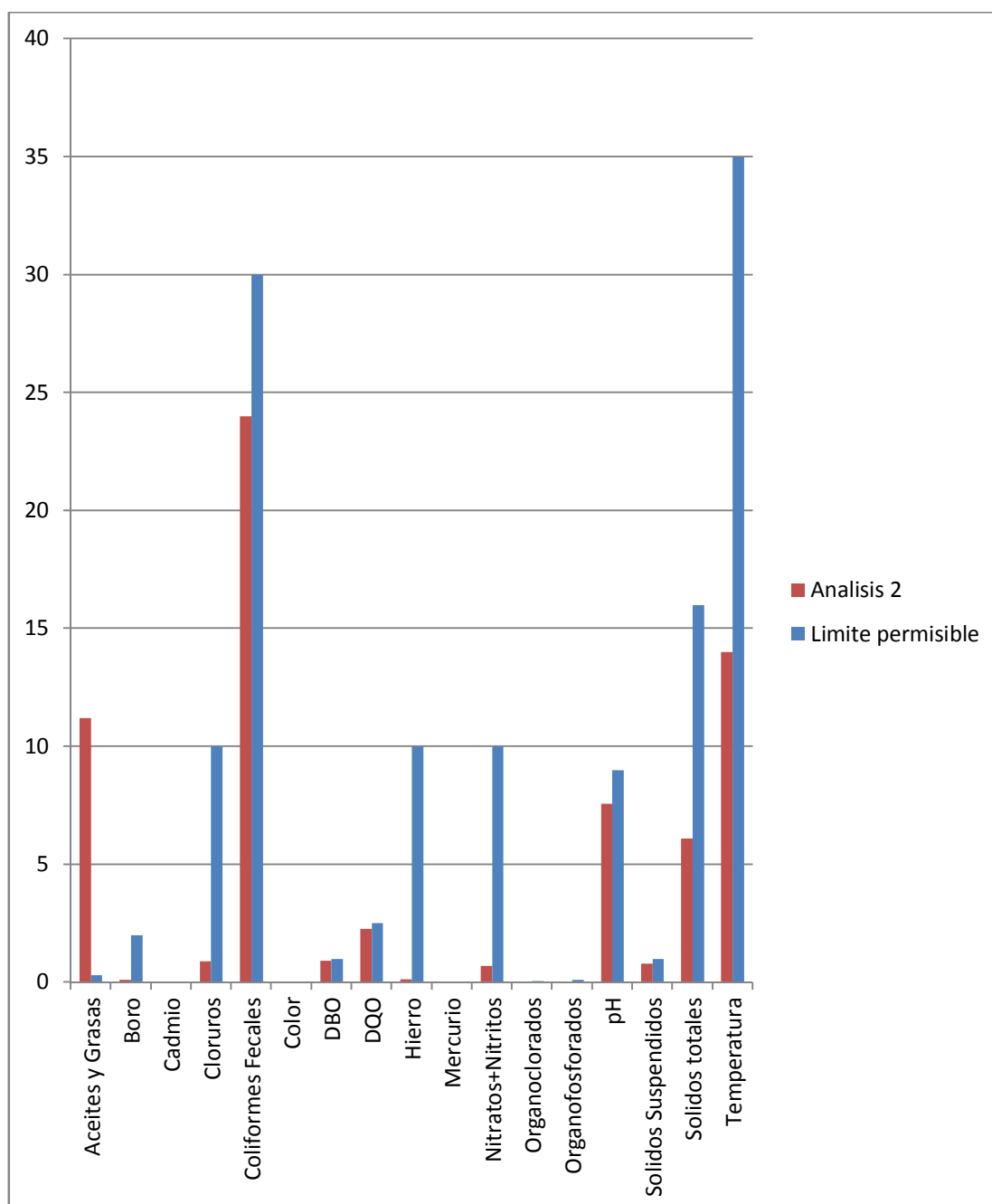
Como se observa en el cuadro anterior, comparando los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS), con los resultados del análisis de la descarga del alcantarillado se puede concluir que todos los parámetros están por debajo o dentro del límite permisible a excepción del parámetro de aceites y grasas.

En el parámetro **aceites y grasas**, el límite máximo permisible es de 0,3 mg/l. El resultado del análisis indica una concentración de 11,2 mg/l. Se entiende que sobrepasa 37,5 veces lo permisible, si se representa en porcentajes será 3733,3%.

La causa principal de la alta concentración de aceites y grasas en la descarga son: la presencia de diez fábricas de lácteos en el sector, tres lubricadoras y una lavadora de vehículos, a esto se suma los diluyentes de grasa, detergentes, ceras, que utilizan en labores domésticas, los residuos son vertidos directamente al alcantarillado sin ningún tipo de tratamiento, mismos que desembocan en el río.

En los **coliformes fecales** el límite máximo permisible según el cuadro 12 del TULAS dice que aquellos regulados con descargas de coliformes fecales menores o iguales a 3000 nmp/ 100 ml, quedan exentos de tratamiento.

GRÁFICO N° 2. Representación gráfica de los resultados de la muestra N° 2, con los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce según el TULAS.



Por interpretación del gráfico las cantidades en los parámetros cloruros, coliformes fecales, DBO, DQO, Sólidos totales, Sólidos suspendidos son multiplicados *100. Elaborado por: **El autor, 2012.**

MUESTRA N° 3.

De acuerdo a los resultados de los análisis físico-químico y bacteriológico de la muestra del agua del río Pumacunchi (muestra N° 3), en comparación a los límites máximos permisibles para agua de uso pecuario según el TULAS, se obtiene la siguiente interpretación.

TABLA N° 15. Comparación de resultados de la muestra N° 3, con los criterios de calidad admisibles para aguas de uso pecuario según el TULAS.

Parámetros	Unidad	Límite máximo permisible	Resultados de análisis	Interpretación	Observaciones
ANÁLISIS FÍSICO					
Potencial de hidrógeno		6-9	7.41	Dentro del rango.	Ninguna
Color aparente	Pt-Co		20		
Olor			Sin olor		
Temperatura	°C		14		
Turbiedad	NTU		4,76		
Conductividad Eléctrica	µS/cm		709		
Sólidos totales	mg/l	3000	387	Por debajo de lo permisible.	Ninguna
Sólidos Disueltos	mg/l		345		
Sólidos en Suspensión	mg/l		42		
ANÁLISIS QUÍMICO					
Alcalinidad	mg/l		350		
Carbonatos	mg/l		0		
Bicarbonatos	mg/l		427		
Anhídrido carbónico	mg/l		27,6		
Dureza Total	mg/l		264		
Dureza Carbonatada	mg/l		264		
Calcio	mg/l		48		
Magnesio	mg/l		35,1		
Hierro	mg/l	1,0	0,15	Por debajo de lo permisible.	Ninguna
Sodio	mg/l		68,3		
Potasio	mg/l		46,6		

Parámetros	Unidad	Límite máximo permisible	Resultados de análisis	Interpretación	Observaciones
Cloruros	mg/l		61		
Sulfatos	mg/l		35		
Nitritos	mg/l	1,0	0	Por debajo de lo permisible.	Ninguna
Nitratos	mg/l	10,0	2,8	Por debajo de lo permisible.	Ninguna
Cloro residual	mg/l		0		
RAS			1,84		
RIVERSIDE			C2S1		
Cadmio	mg/l	0,05	<0,01	Dentro del rango.	Ninguna
Boro (total)	mg/l	5,0	0,52	Dentro del rango.	Ninguna
Mercurio (total)	mg/l	0,01	<0,1 µg/l	Menos de una millonésima de gramo por litro.	Ninguna
Organoclorados (totales)	mg/l	0,2	1,8 µg/l	1,8 millonésimas de gramo por litro.	0,0000018mg/l
Organofosforados (totales)	mg/l	0,1	2,6 µg/l	2,6 millonésimas de gramo por litro.	0,0000026mg/l
Aceites y grasas	mg/l		7,2		
Oxígeno disuelto	mg/l	3,0	0		Ninguna
DBO	mg/l		75		
DQO	mg/l		198		
ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO					
Aerobios Mesófilos	ufc/100ml		Incontables		
Colibacilos Totales	ufc/100ml	Promedio mensual <5000	>2420		Ninguna
Colibacilos Fecales	ufc/100ml	<1 000	>2420	242% sobrepasan los límites respectivamente.	Descargas directas del alcantarillado al río.

Fuente: **El autor, 2012.**

Como se observa en el cuadro anterior, en todos los parámetros según la norma establecida en el TULAS para agua de uso pecuario los resultados indican que se

encuentran por debajo o dentro del límite máximo permisible, con excepción del parámetro coliformes fecales.

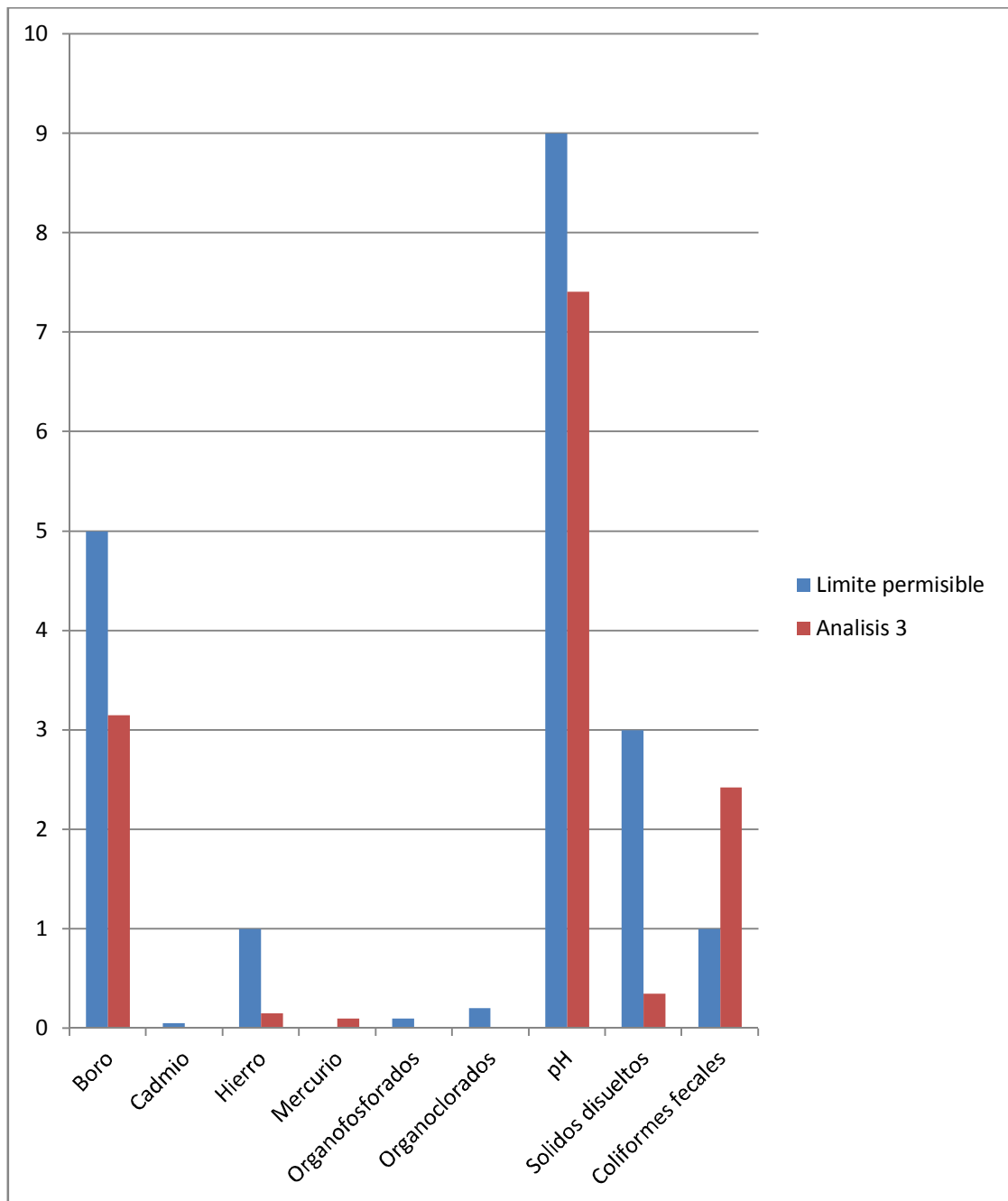
En los criterios de calidad para agua de uso pecuario no consta el parámetro aceites y grasas, sin embargo es importante indicar que en los análisis realizados de la muestra N° 3 los resultados arrojan 7,2 mg/l indicando niveles altos de concentración, necesitando un tratamiento para disminuir estos niveles.

En el parámetro **coliformes fecales** el límite máximo permisible es de 1000 nmp/100 ml, sin embargo en los resultados de la muestra N° 3 indican una cantidad mayor a 2420 ufc/100 ml, sobrepasando el límite en 242%.

En el parámetro coliformes totales el límite máximo permisible indica como promedio mensual menor a 5000 nmp/100 ml. En los resultados de la muestra N° 3 existe también una concentración de >2420 ufc/100 ml.

La causa principal de la presencia elevada de coliformes son, las descargas directas del alcantarillado al río, como también materia orgánica en proceso de descomposición. haciendo a estas aguas muy contaminadas y debiendo realizar el tratamiento respectivo para el uso en la actividad pecuaria.

GRÁFICO N° 3. Representación gráfica de resultados de la muestra N° 3, con los criterios de calidad admisibles para aguas de uso pecuario según el TULAS.



Las cantidades de sólidos disueltos y coliformes fecales se multiplica *1000.

Elaborado por: **El autor, 2012.**

MUESTRA N° 4.

La muestra se recolecto del mismo lugar de donde se tomó la muestra N° 3, con el fin de analizar el parámetro Boro, ya que es conocido que en estudios anteriores realizados en el agua del río Pumacunchi se determinó concentraciones elevadas de Boro.

TABLA N° 16. Resultados de los diferentes análisis del parámetro Boro.

BORO		
N° de Análisis	Unidad	Resultados
Muestra N° 1	ml/l	<0,1
Muestra N° 2	ml/l	<0,1
Muestra N° 3	ml/l	0,52
Muestra N° 4	ml/l	3,15

Fuente: **El autor, 2013.**

En el parámetro **Boro** el resultado del análisis de la muestra N° 4 indica una concentración de 3,15 ml/l. Esta diferencia puede ser porque, en los análisis realizados anteriormente (muestras N° 1, 2, 3), las muestras fueron tomadas en época de invierno, mientras que la muestra N° 4 se recolecto exclusivamente para verificar el parámetro boro y en época seca.

Comparando los límites máximos permisibles establecidos en el TULAS, en el parámetro boro indica que sobrepasa el límite en el agua para uso agrícola, ya que el límite para esta actividad es de 1,0 ml/l, en porcentaje sobrepasa en 315%, esto es causa de la contaminación natural.

3.3.1 Análisis general de resultados.

Comparados los resultados de los análisis realizados, con los límites máximos establecidos según la norma ambiental estipulada en el Libro VI Anexo 1 del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS) para diferentes actividades, indican niveles muy altos en los parámetros:

Aceites y grasas.

Existen niveles altos en este parámetro, tanto para el agua de uso agrícola como para la descarga a un cuerpo de agua dulce, así también aunque no indica este parámetro en agua de uso pecuario su nivel es alto, esto puede ser el resultado de muchas actividades que los habitantes de estas dos importantes zonas realizan día a día.

Como lo manifestamos anteriormente existe la presencia de gasolinera, diferentes lubricadoras, mecánicas, fábricas de lácteos, a esto se suma los diluyentes de grasa, detergentes, ceras etc., que utilizan en las labores domésticas. Todos los residuos son vertidos directamente a los sistemas de alcantarillado y estos a su vez son descargados al río sin ningún tipo de tratamiento.

Coliformes Fecales y Totales.

Sus niveles son muy altos tanto para agua de uso agrícola como para agua de uso pecuario, sin embargo para la descarga a un cuerpo de agua dulce se encuentra dentro del rango establecido. La causa principal las descargas directas identificadas en el río, también materia orgánica en proceso de descomposición. Los agentes microbiológicos representan un verdadero problema en la salud pública, debido a las enfermedades gastrointestinales, por lo que se debe realizar primero un tratamiento de esta agua antes de utilizarla en usos recreativos, pecuario o para riego especialmente de vegetales que se consumen crudos.

Boro.

El nivel es alto para el agua de uso agrícola, pero para el agua de uso pecuario se encuentra dentro del límite, la causa como se indicó anteriormente es natural ya que las fuentes del río Pumacunchi en algún momento atraviesan formaciones de tipo volcánico y el boro se adhiere al agua, volviéndose inevitable este tipo de contaminación.

3.4 Propuesta sugerida.

3.4.1 Introducción

Frente a la evidente existencia de contaminantes en el cauce del río Pumacunchi, también la demanda agrícola y humana del caudal existente, es necesario se establezca una serie de alternativas de tratamiento a fin de generar un proceso de depuración de aguas, que remuevan y minimicen los márgenes de contaminación, de conformidad a las diferentes normativas de calidad del agua.

La propuesta trata de alguna manera de colaborar con la reducción de la contaminación de los cuerpos de agua, depurando las aguas residuales que pasarán por un sistema de tratamiento primario, secundario y terciario compuesto por un tanque atrapagrasas, un tanque de sedimentación, un humedal artificial para optimizar la remoción de contaminantes, finalmente un tanque de cloración para que de esta manera el agua este óptima para ser devuelto al cauce natural.

3.4.2 Justificación

Con la falta de control de disposición de efluentes, se ha puesto de manifiesto la insuficiencia de los medios de autodepuración de los causes receptores de efluentes de aguas servidas, por lo que el propósito del tratamiento es acelerar los procesos naturales, bajo condiciones controladas.

La presente propuesta tiene gran importancia, al conocer los tipos de contaminantes presentes en el agua del río Pumacunchi, se puede establecer alternativas de tratamiento, ya que es muy preocupante, pues estas aguas son utilizadas actualmente para la agricultura y ganadería, actividades de las cuales provienen productos que diariamente consumimos, por lo tanto desempeña un papel cada vez más importante la salud pública y el ambiente.

Al no existir ningún tipo de tratamiento de las aguas residuales en las zonas altas del río Cutuchi, se incrementa la contaminación que este tiene actualmente con las descargas del río Pumacunchi.

Es necesario implantar sistemas de tratamiento de aguas servidas, tanto para salvaguardar la salubridad de la población como para preservar el medio ambiente, minimizando de alguna manera la contaminación.

3.4.3 Objetivos de la propuesta.

General:

Determinar un modelo de tratamiento de aguas servidas que minimice la contaminación del río Pumacunchi.

Específicos:

- Sugerir un modelo de tratamiento para aguas servidas.
- Proponer actividades para minimizar la contaminación en el río Pumacunchi.

3.4.4 Modelo del sistema de tratamiento propuesto.

Características generales

El principal problema de contaminación en el río Pumacunchi son las descargas directas de aguas servidas de los alcantarillados de las parroquias de Toacazo y Guaytacama, la propuesta consiste en sugerir la construcción de un modelo de sistema de tratamiento de las aguas servidas, antes de que sean depositadas al río.

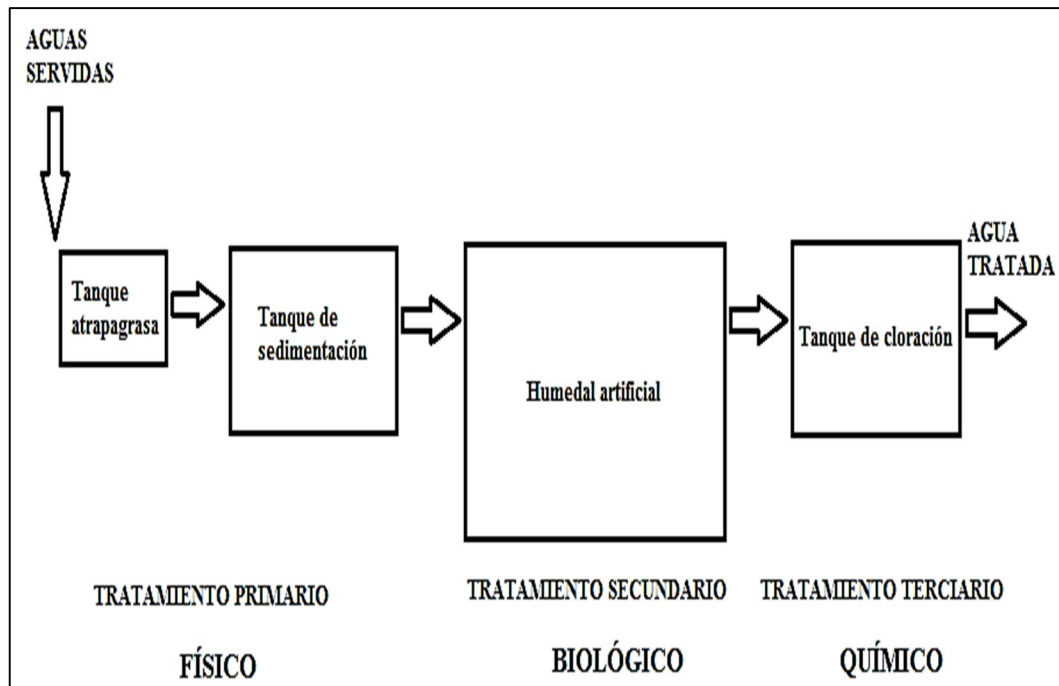
De esta manera se reducirá en gran porcentaje la contaminación, específicamente de coliformes fecales, aceites y grasas que sobrepasan el grado de permisibilidad, tanto para descargas a un cuerpo de agua dulce, como para el agua de uso agrícola y pecuario, así como nos indican los resultados de los análisis realizados.

Entonces se propone el modelo de humedales artificiales, ya que este tipo de proyectos puede ser desarrollado en poblaciones pequeñas o medianas en donde exista disponibilidad de terreno para su construcción, considerando la característica de la contaminación.

En el lugar de la descarga del alcantarillado en Guaytacama, existen las denominadas cochas de totoras, mismas que contribuyen a la depuración del agua mediante procesos de óxido reducción. Por tal motivo es necesario adecuarle y tecnificarle para que se obtengan los resultados esperados.

Luego del aforo de las diferentes descargas se determinó un caudal aproximado de tres litros por segundo (3 l/seg). Para sobre ello diseñar el siguiente sistema combinado de tratamiento que será ubicado en un sitio donde pueda ser inspeccionado constantemente y con fácil acceso para el mantenimiento.

FIGURA N° 4. Modelo del sistema de tratamiento propuesto.



Fuente: El autor, 2012.

TRATAMIENTO PRIMARIO.

Tanque atrapagrasas.

En el sistema de tratamiento, este tanque constituye un tratamiento físico en donde la grasa y aceite por la diferencia de densidad se sitúa en la superficie del tanque en la que será fácil su separación ya sea manual o mecánica. Consiste en la construcción de un tanque de ladrillo y concreto de forma rectangular.

La capacidad de la trampa de grasa se calcula tomando en cuenta el caudal de la descarga y el periodo de retención estimado para que las grasas y aceites se sitúen en la superficie del tanque. Así si tenemos 3 l/seg., un periodo de retención de 3 minutos.

Características del tanque atrapagrasas:

- a) La relación del área superficial de la trampa de grasa deberá estar comprendido entre 2 m de largo por 1 m de ancho.
- b) La profundidad no deberá ser menor a 0,80 m.
- c) El ingreso a la trampa de grasa se hará por medio de un codo de 90° y un diámetro mínimo de 75mm. La salida será por medio de una T con un diámetro mínimo de 75mm.
- d) La parte inferior del codo de entrada deberá prolongarse hasta 0,15 m por debajo del nivel de líquido.
- e) La diferencia de nivel entre la tubería de ingreso y de salida deberá de ser no menor a 0,05 m.
- f) La parte inferior de la tubería de salida deberá estar no menos de 0,075 m ni más de 0,15 m del fondo.

Tanque de sedimentación.

La sedimentación de los sólidos suspendidos es un proceso físico y parte del tratamiento primario, en un tanque de sedimentación rectangular en el que se mantienen las aguas por un lapso de 2,5 a 3 horas o más, tiempo recomendado para permitir que el 40 a 65% de los sólidos finamente divididos, se pose en el fondo del tanque, del cual se extraen por medios manuales o mecánicos, en forma de lodos.

Consiste en la construcción de un tanque de ladrillo y concreto de forma rectangular.

Si el caudal aproximado es de 3 l/seg, para que en 2,5 horas se pueda sedimentar se necesita un tanque con una capacidad de 27000 litros o 27 metros cúbicos. Actualmente se recomienda implementar los tanques imhoff, para reemplazar el tanque atrapagrasa y el tanque de sedimentación.

Características del tanque de sedimentación convencional:

- a) Las medidas del tanque de sedimentación deberá ser de 3 m de ancho por 6 m de largo.
- b) La profundidad deberá ser de 2 m.
- c) La capacidad del tanque es 36 metros cúbicos.
- d) El diámetro mínimo de las tuberías de entrada y salida del tanque de sedimentación será de 100 mm (4”).
- e) El nivel de la tubería de salida del tanque de sedimentación deberá estar situado a 0,05m por debajo de la tubería de entrada.
- f) El fondo de los tanques tendrá una pendiente de 2% orientada al punto de ingreso de los líquidos.

TRATAMIENTO SECUNDARIO.

Poza del humedal.

Consiste en un proceso biológico que consta de un estanque de poca profundidad, donde se ubican las especies vegetales acuáticas encargadas de remover partícula coloidal y material orgánico presentes en el agua residual, que circula lentamente por esta. En este tratamiento es posible obtener una remoción de un 80-95% de la DBO original del agua, quedando ésta después del tratamiento con una DBO residual de 10-30 %, lo cual es un valor bastante aceptable, ya que en esas condiciones si el agua se vierte a un río o al medio ambiente, a través de procesos naturales el agua es capaz de autodepurarse y alcanzar los niveles de calidad de las aguas naturales.

Características de la poza del humedal:

Para calcular las dimensiones del humedal se realiza en función al parámetro contaminante que se desea disminuir o remover, generalmente los diseños se realizan para disminución de la DBO5. Sin embargo en vista de que en la

investigación realizada la DBO5 está por debajo de lo permisible, se tomara en cuenta únicamente el periodo de retención mínimo que es de 2 a 3 días tiempo estimado para que puedan ser transformadas las sustancias contaminantes presentes.

$$10800 \text{ l/h} * 24\text{h} = 259000 \text{ l.}$$

$$259000 \text{ l/d} * 2 \text{ d} = 518000 \text{ l.} = 518 \text{ m}^3.$$

Por lo tanto si el caudal aproximado es de 3 l/seg., en una hora habrá 10800, en un día habrá 259 metros cúbicos, en dos días existirá 518 metros cúbicos, entonces se necesitara una poza para albergar esta cantidad de agua residual.

- a) Es recomendable utilizar una relación largo/ancho mínima de 3 a 1.
- b) La medida de la poza es de 45 m de largo por 15 m de ancho.
- c) La profundidad es de 1 m.
- d) El material impermeable a utilizar es la geomembrana, también se puede utilizar plástico negro calibre 12.
- e) El sustrato a utilizar debe ser arena del lugar, en una cantidad que alcance 20 cm, en donde será plantado la totora.
- f) El diámetro de la tubería de entrada y salida debe ser mínima de 4".
- g) Las plantas a utilizar son la totora (*Scirpus californicus*), las mismas que estarán sembradas cada 30 cm.

Características generales de la totora:

Una de las macrófitas más conocidas y difundidas en nuestro medio es la Totora (*Scirpus californicus*). Esta macrófita, forma parte de la amplia gama de plantas fitodepuradoras empleadas en los sistemas no convencionales de depuración de aguas residuales. Son plantas adaptadas a condiciones de saturación de humedad e inundación, siempre que el agua no las cubra completamente. Es decir, soportan una fuerte limitación en la disponibilidad de oxígeno en el suelo. Comprenden una parte debajo del nivel del agua, y otra parte aérea.

El papel de la totora en los humedales artificiales se resume en los siguientes aspectos:

- Servir de filtro para mejorar los procesos físicos de separación de partículas.
- Asimilación directa de nutrientes (en especial Nitrógeno y Fósforo) y metales, que son retirados del medio e incorporados al tejido vegetal.
- Actuar a modo de soporte para el desarrollo de biopelículas de microorganismos, que actúan purificando el agua mediante procesos aerobios de degradación.
- Transportar grandes cantidades de oxígeno desde los tallos hasta sus raíces y rizomas, donde es usado por dichos microorganismos. (Infoandino, 2012).

TRATAMIENTO TERCIARIO

Tanque de cloración.

Consiste en el proceso de tratamiento químico, para desinfectar el agua con cloro ya que se puede aplicar a grandes cantidades de agua y es relativamente barato. La cloración convierte el agua contaminada con material fecal en agua libre de organismos patógenos. Para calcular las dimensiones del tanque se lo hace de acuerdo a la concentración de coliformes a desinfectar, así también el tiempo que se requiere para la desinfección con el compuesto de cloro que permita mantener un nivel de cloro residual de por lo menos 0,5 mg/l.

El tiempo estimado para que cierta cantidad de agua pueda ser desinfectada desde que entra en contacto con el cloro de acuerdo a la dosificación es de 20 minutos. Si existe un caudal aproximado de 3 l/seg, en un minuto existirá 180 litros, se necesita 20 minutos para la desinfección, entonces se necesita un tanque con capacidad para alojar 3600 litros.

Características del tanque de cloración.

- a) Las medidas del tanque de cloración deberá ser de 2 m de ancho por 3 m de largo.
- b) La profundidad deberá ser de 1 m.
- c) La capacidad del tanque es de 6 metros cúbicos.
- d) El diámetro de las tuberías de entrada y salida del tanque de cloración rectangular será de 4".
- e) El nivel de la tubería de llegada y de salida deberá estar situado a 1m de altura desde el fondo.
- f) El sistema de cloración puede ser por goteo o por flotadores.

3.4.5 Operación y mantenimiento.

El vertido del alcantarillado llega directamente al primer tanque con un caudal de 3 l/seg, para una capacidad de 540 litros, en donde recibe un tratamiento primario, las grasa y aceites que vienen en las aguas servidas queda flotando en la superficie del tanque y pueda ser retirado con facilidad.

Posteriormente pasa por un tubo de 4" colocado en la parte inferior del tanque atrapagrasa, al siguiente tanque de sedimentación con capacidad de 36 metros cúbicos, en donde el agua reposara por 2,5 horas, tiempo estimado para que sedimente la parte sólida que trae las aguas residuales.

Para realizar el tratamiento secundario, el efluente del tanque de sedimentación pasara por un tubo de PVC de 4" ubicado en la parte superior de este a la siguiente fase que es el humedal artificial, en la que se puede citar las actividades más importantes:

- Asegurar que el flujo alcance todas las partes del humedal.
- Mantener un crecimiento vigoroso de la vegetación.

- Proporcionar una amplia oportunidad para el contacto del agua con la comunidad microbiana, con la capa de residuos de vegetación y con el sedimento.

El agua debe cubrir todas las partes de la superficie del humedal, debe ser verificado de manera constante, asimismo debe verificarse flujos y niveles de agua frecuentemente. Cualquier daño debe ser corregido oportunamente para evitar daños mayores que ocasionen grandes gastos. El agua residual debe reposar por un tiempo mínimo de dos días, para que puedan ser transformadas las sustancias contaminantes.

La vegetación debe inspeccionarse de manera regular y debe quitarse las especies invasoras, se debe evitar el uso de herbicidas. Es necesario llevar un control cuando se construye un humedal, es decir, medir si el humedal está cumpliendo con los objetivos y para indicar su integridad biológica. La efectividad en la remoción de contaminantes puede determinarse mediante análisis de la carga a la entrada y la salida.

Las plantas cosechadas pueden ser utilizadas para la elaboración de canastas y esteras, que son artesanías del sector, también se lo puede incorporar en el suelo como abono verde, así también el lodo del agua residual tiene valor como acondicionador de suelos ya que contiene cantidades importantes de nitrógeno y fósforo.

Después de pasar un largo proceso por el humedal artificial el agua está listo para pasar al tercer tratamiento que es la cloración. El agua llega a este tanque que tiene una capacidad de 6 metros cúbicos, para un tiempo de retención de 20

minutos, tiempo estimado para que se desinfecte totalmente el agua una vez que entre en contacto con el cloro, el agua se descarga por una tubería de 4”.

Para la desinfección se utilizara un flotador dosificador de cloro en la tubería de entrada del tanque, por lo que el agua mientras sigue entrando tiene contacto con el cloro y pasa a reposar en este durante el tiempo estimado. Para que se le dé el mantenimiento respectivo y el control se necesitaría que trabaje una persona específica, debidamente capacitado para este proyecto. Con un correcto funcionamiento del sistema de tratamiento propuesto, el agua estará en óptimas condiciones para descargarla al río.

CONCLUSIONES.

- ✓ La contaminación presente en el río Pumacunchi, son causadas principalmente por actividades del hombre ya sean domésticas, agrícolas, de las empresas e industrias y que no tienen un sistema de tratamiento para aguas residuales o no ejercen buenas prácticas ambientales. Así también existe contaminación natural por la presencia elevada de boro.
- ✓ De acuerdo a los análisis realizados se demuestra que sobrepasan los límites. Con respecto al agua de uso agrícola en los parámetros: aceites y grasas 2766%, coliformes totales 242% y boro 315%. Para agua de uso pecuario en el parámetro coliformes fecales 242%. Para la descarga a un cuerpo de agua dulce en el parámetro aceites y grasas 3733%.
- ✓ Se puede manifestar que el agua del río Pumacunchi tiene alto grado de contaminación por lo que no se lo puede utilizar para la agricultura, ganadería, mucho menos para el consumo humano, pues sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos en la norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes, recurso agua, publicado en el Libro VI Anexo 1 del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS).
- ✓ Existen muchos sistemas de tratamientos de aguas residuales, pero el sistema que se propone es completamente natural, no habrían ruidos por motores, consumo de energía eléctrica, contaminación del aire, etc., y es el más económico, ya que el mismo estará constituido por materiales existentes en la zona como la totora, y el material para la infraestructura no es costosa.

RECOMENDACIONES.

- ✓ Implementar sistemas de tratamiento de aguas servidas, antes de ser depositadas al río, en los sistemas de alcantarillados existentes y en los nuevos proyectos de alcantarillado que desarrollan los Municipios.

- ✓ Exigir a las fábricas de lácteos y lavadoras que implementen trampas de grasas y aceites antes de verterlas al alcantarillado, mediante denuncias sociales y exigencias del Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE).

- ✓ Para la gran cantidad de desechos que son arrojados en el puente de Saquisilí, sería necesario cambiar de imagen, construyendo un mirador con parque ecológico a la orilla del río, también hace falta señalética con mensajes de protección al medio ambiente y a los ríos.

- ✓ Realizar programas de concientización a los moradores de las dos importantes parroquias sobre el gran problema que es la basura y lo perjudicial que resulta para el río, como también sobre el uso de agroquímicos en los cultivos, proponiendo buenas prácticas ambientales.

- ✓ Continuar con la investigación ya que en los siguientes kilómetros de recorrido que tiene el río, existe mucha contaminación, hasta desembocar en el río Cutuchi, ya que esta forma parte de la cuenca alta del Pastaza.

BIBLIOGRAFÍA

1. Adame, Aurora. Salín, Daniel. (1995). *Contaminación Ambiental*. México: Trillas.
2. Arce, Ana. Calderón, Cesar. Tomasini, Cecilia. (2002). *Fundamentos Técnicos para el muestreo y análisis de aguas residuales*. México: Edita Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
3. Asociación Equipo Maíz. (2001). *Gota a gota el agua se agota*. El salvador.
4. Balow, Maude. Clarke, Tony. (2004). *El oro azul. Las multinacionales y el robo organizado del agua en el mundo*. Barcelona: Paidós.
5. Calzadilla F, Amado. (2010). *Solarización territorial*. Cuba: Editorial Cubasolar.
6. Campos P, Antonia E. (2001). *Optimización de la digestión anaerobia*. Universidad de Lleida.
7. Colección Che Guevara, E. (2008). *Cátedra Libre. Constitución Política del Estado*. Latacunga.
8. Colección LNS. (2004). *Ciencias Naturales 10EB*. Cuenca- Ecuador: Don Bosco.
9. Díaz, Olga. (2002). *Leyendas de América del Norte*. Argentina: Edición Ecos.
10. García, D. (2007). *El agua patrimonio y derecho, Foro de los Recursos Hídricos, 2^{da} ed.* Ecuador: Imprimax.
11. Gasselin, Pierre. Zapatta, Alex. (2005). *El riego en el Ecuador: Problemática, debate y políticas*. Quito, Ecuador: Camaren.
12. Instituto Geográfico Militar. (2010). *Mapa Cartográfico de Latacunga*. Quito: Edición 1 I.G.M.

13. Moreno G, María D. (2003). *Toxicología Ambiental. Evaluación de riesgo para la salud humana*. Madrid: Editorial Mc. Graw Hill.
14. Santillana. (2006). *La Enciclopedia del Estudiante Tomo 14, Ecología 1ª ed.* Buenos Aires.
15. Tapia, Ángeles. (2006). *Plan de Desarrollo Parroquial*. Guaytacama.
16. T.H.Y. Tebbutt. (2002). *Fundamentos de control de la Calidad del Agua*. México: Limusa.
17. Vargas, M. Mario. (2003). *Biología*, Edición 2003.

LINKOGRAFÍA

18. Alteraciones Físicas Químicas y Biológicas del agua. Enero del 2011.

<http://www.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/11CAgu/100CoAcu.htm#Alteraciones%20f%C3%ADsicas%20del%20agua>.
19. Contaminación del río Cutuchi. Marzo del 2010.

<http://www.elheraldo.com.ec/index.php?fecha=2010-02-03&seccion=Titulares¬icia=4271>

Diario El Comercio Ciudad Quito. Publicado el 06/Julio/2004. Disponible en: <http://www.explored.com.ec/noticias-ecuador/30-000-m3-de-aguas-servidas-van-al-cutuchi-181987-181987.html>
20. Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2176:98 Métodos de preservación de muestras de aguas. Abril del 2012.

www.inen.gob.ec/images/pdf/nte/1001-1600.pdf
21. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, Criterios de calidad para agua de uso agrícola y pecuario. Febrero del 2012.

Web.ambiente.gob.ec/sites/default/files/users/ngiler/LibroVI-Anexo1.pdf

22. Mapa del río Pumacunchi. Enero del 2012.

www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/.../PITOLO_RIO_CUTUCHI.ppt

23. Tratamiento de aguas residuales. Marzo del 2011.

<http://www.tierramor.org/Articulos/tratagua.htm>

24. Enfermedades relacionadas con el agua. Abril del 2010.

<http://www.jornada.unam.mx/2010/03/17/index.php?section=sociedad&article=040n1soc>

25. Características generales de la totora. Abril del 2012.

www.infoandino.org/sites/default/files/recursos/depuracion_de_aguas_residuales_por_medio-de-humedales-artificiales

ANEXOS A.



LAQUIFARVA

SERVICIO DE LABORATORIO QUÍMICO - INTEGRAL
AGUAS - ALIMENTOS - COSMÉTICOS - SUELOS - PREPARACIONES FARMACÉUTICAS

INFORME DE RESULTADOS

Ambato, Abril 1 / 2011

	A	B	C	D	E	F
4321	ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO DE AGUAS					
4322	Informe de Laboratorio		FQA-1129			
4323	Orden de trabajo	No.	1129			
4324	Presentación	envase	polietileno			
4325	Contenido	ml	4000			
4326	Identificación					
4327	Cantón- Provincia		Latacunga- Cotopaxi			
4328	Empresa					
4329	Solicitante		Sr. Luis Barahona			
4330	Fecha de muestreo		02-03-11			
4331	Motivo		Control			
4332						
4333	PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS			
4334	ph		7.83			
4335	Color aparente	Pt- Co	30			
4336	Turbiedad	NTU	5.64			
4337	Conductividad Eléctrica	uS/ cm	405			
4338	Sólidos Totales	mg / L	217			
4339	Sólidos Disueltos	"	197			
4340	Sólidos en Suspensión	"	20			
4341	Alcalinidad Total	"	182			
4342	Carbonatos	"	0			
4343	Bicarbonatos	"	222			
4344	Anhidrido carbónico	"	5.46			
4345	Dureza Total	"	130			
4346	Dureza Carbonatada	"	130			
4347	Calcio	"	36			
4348	Magnesio	"	9.75			
4349	Hierro Total	"	0.45			
4350	Sodio	"	45.3			
4351	Potasio	"	30.9			
4352	Cloruros	"	50			
4353	Sulfatos	"	15			
4354	Nitritos	"	0			
4355	Nitratos	"	0.7			
4356	Cloro libre residual	"	0			
4357	RAS		1.74			
4358	RIVERSIDE		C291			
4359	Cadmio	mg / L	< 0.01			
4360	Boro	"	< 0.1			
4361	Mercurio	ug / L	< 0.1			
4362	Organoclorados	"	< 0.5			
4363	Organofosforados	"	< 0.3			
4364	Grasas y Aceites	mg / L	8.3			
4365	Oxígeno Disuelto	"	0			
4366	DBO	"	66			
4367	DQO	"	128			

LAQUIFARVA
SERVICIO DE LABORATORIO QUÍMICO - INTEGRAL
DR. ENRIQUE VAYAS M.Sc.

**ANÁLISIS: FÍSICO - QUÍMICO - BACTERIOLÓGICO - ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL
CONSULTORÍA - TRATAMIENTO DE AGUAS - MATERIAS PRIMAS - REACTIVOS QUÍMICOS**
Dirección: Av. 12 de Noviembre 842 y Maldonado * Telefax: (03) 2423054 - 2422366 - 084 069372
E-mail: envalo50@hotmail.es * Ambato - Ecuador



LAQUIFARVA

SERVICIO DE LABORATORIO QUÍMICO - INTEGRAL
AGUAS - ALIMENTOS - COSMÉTICOS - SUELOS - PREPARACIONES FARMACÉUTICAS

INFORME DE RESULTADOS

Ambato, Abril 1 / 20

	A	B	C	D	E	F
5450	ANÁLISIS FÍSICO- BACTERIOLÓGICO DE AGUAS					
5451						
5452	Informe de Laboratorio	No.	FBA-1130			
5453	Orden de trabajo		1130			
5454	Presentación	envase	polietileno			
5455	Contenido	ml	300			
5456	Identificación					
5457	Cantón - Provincia		Latacunga- Cotopaxi			
5458	Empresa					
5459	Solicita		Sr. Luis Barahona			
5460	Fecha de muestreo		02-03-11			
5461	Motivo		Control			
5462						
5463	PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS			
5464						
5465	pH		7.83			
5466	Color aparente	Pt-Co	0			
5467	Olor		sin olor			
5468	Temperatura	oC	14			
5469	Cloro libre residual	mg/L	0			
5470	Aspecto		transparente			
5471	Turbiedad	NTU	5.64			
5472						
5473	ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO					
5474						
5475	Aerobios Mesófilos	ufc/ 100 ml.	Incontables			
5476	Colibacilos Totales	"	> 2420			
5477	Colibacilos Fecales	"	1203			
5478						
5479	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS					
5480						
5481			T-incubación	Deseable	Permisible	Tolerable
5482	Aerobios Mesófilos	ufc/ 100 ml.	30 oC	0	10	30
5483	Colibacilos Totales	"	35 oC	0	2	10
5484	Colibacilos Fecales	"	44 oC	0	0	0
5485						
5486	ufc/ 100 ml. = Unidades formadoras de colonias / 100 ml					
5487						
5488	METODOLOGÍA					
5489	Filtración en membranas Millipore, con medios de cultivo selectivos					
5490						
5491	CONCLUSIONES					
5492	Referirse a la tabla de interpretación de resultados.					
5493	El agua presenta un elevado grado de contaminación, toda vez que los valores de Aerobios Mesófilos,					
5494	colibacilos totales y colibacilos fecales superan los límites máximos tolerables.					

LAQUIFARVA
LABORATORIO QUÍMICO INTEGRAL

DR. ENRIQUE VAYAS L. M.Sc.

Dr. Enrique Vayas M.Sc.

ANÁLISIS: FÍSICO - QUÍMICO - BACTERIOLÓGICO - ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL
CONSULTORÍA - TRATAMIENTO DE AGUAS - MATERIAS PRIMAS - REACTIVOS QUÍMICOS
Dirección: Av. 12 de Noviembre 842 y Maldonado * Telefax: (03) 2423054 - 2422366 - 084 069372
E-mail: envalo50@hotmail.es * Ambato - Ecuador



LAQUIFARVA

SERVICIO DE LABORATORIO QUÍMICO - INTEGRAL
AGUAS - ALIMENTOS - COSMÉTICOS - SUELOS - PREPARACIONES FARMACÉUTICAS

INFORME DE RESULTADOS

Ambato, Abril 1 / 2011

	A	B	C	D	E
4372	ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO DE AGUAS				
4373	Informe de Laboratorio		FQA-1131		
4374	Orden de trabajo	No.	1131		
4375	Presentación	envase	polietileno		
4376	Contenido	ml	4000		
4377	Identificación		Guaytacama		
4378	Cantón- Provincia		Latacunga- Cotopaxi		
4379	Empresa				
4380	Solicitante		Sr. Luis Barahona		
4381	Fecha de muestreo		11-03-11		
4382	Motivo		Control		
4383					
4384	PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS		
4385	ph		7.56		
4386	Color aparente	Pt- Co	80		
4387	Turbiedad	NTU	60.3		
4388	Conductividad Eléctrica	uS/ cm	1082		
4389	Sólidos Totales	mg / L	610		
4390	Sólidos Disueltos	"	530		
4391	Sólidos en Suspensión	"	80		
4392	Alcalinidad Total	"	530		
4393	Hidróxidos	"	0		
4394	Carbonatos	"	0		
4395	Bicarbonatos	"	646		
4396	Anhidrido carbónico	"	29.6		
4397	Dureza Total	"	316		
4398	Dureza Carbonatada	"	316		
4399	Calcio	"	42.4		
4400	Magnesio	"	51.2		
4401	Hierro Total	"	0.13		
4402	Sodio	"	130.6		
4403	Potasio	"	88.8		
4404	Cloruros	"	90		
4405	Sulfatos	"	66		
4406	Nitritos	"	0		
4407	Nitratos	"	4.8		
4408	Cloro libre residual	"	0		
4409	RAS		3.2		
4410	RIVERSIDE		C2S1		
4411	Cadmio	mg / L	< 0.01		
4412	Boro	"	< 0.1		
4413	Mercurio	ug / L	< 0.1		
4414	Organoclorados	"	2.3		
4415	Organofosforados	"	2.7		
4416	Grasas y Aceites	mg / L	11.2		
4417	Oxígeno Disuelto	"	0		
4418	DBO	"	92		
4419	DBD	"	227		

LAQUIFARVA
LABORATORIO QUÍMICO INTEGRAL
DR. ENRIQUE VILLAS VAS

**ANÁLISIS: FÍSICO - QUÍMICO - BACTERIOLÓGICO - ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL
CONSULTORÍA - TRATAMIENTO DE AGUAS - MATERIAS PRIMAS - REACTIVOS QUÍMICOS**
Dirección: Av. 12 de Noviembre 842 y Maldonado * Telefax: (03) 2423054 - 2422366 - 084 069372
E-mail: envalo50@hotmail.es * Ambato - Ecuador



LAQUIFARVA

SERVICIO DE LABORATORIO QUÍMICO - INTEGRAL
AGUAS - ALIMENTOS - COSMÉTICOS - SUELOS - PREPARACIONES FARMACÉUTICAS

INFORME DE RESULTADOS

Ambato, Abril 1 / 2011

	A	B	C	D	E	F
5497	ANÁLISIS FÍSICO - BACTERIOLÓGICO DE AGUAS					
5498						
5499	Informe de Laboratorio	No.	FBA-1132			
5500	Orden de trabajo		1132			
5501	Presentación	envase	polietileno			
5502	Contenido	ml	300			
5503	Identificación		Guaytacama			
5504	Cantón - Provincia		Latacunga- Cotopaxi			
5505	Empresa					
5506	Solicita		Sr. Luis Barahona			
5507	Fecha de muestreo		11-03-11			
5508	Motivo		Control			
5509						
5510	PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS			
5511						
5512	pH		7.58			
5513	Color aparente	Pt-Co	0			
5514	Olor		sin olor			
5515	Temperatura	oC	14			
5516	Cloro libre residual	mg/L	0			
5517	Aspecto		turbio			
5518	Turbiedad	NTU	60.3			
5519						
5520	ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO					
5521						
5522	Aerobios Mesófilos	ufc/ 100 ml.	incontables			
5523	Colibacilos Totales	"	> 2420			
5524	Colibacilos Fecales	"	> 2420			
5525						
5526	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS					
5527						
5528			T-incubación	Deseable	Permisible	Tolerable
5529	Aerobios Mesófilos	ufc/ 100 ml.	30 oC	0	10	30
5530	Colibacilos Totales	"	35 oC	0	2	10
5531	Colibacilos Fecales	"	44 oC	0	0	0
5532						
5533	ufc/ 100 ml. = Unidades formadoras de colonias / 100 ml					
5534						
5535	METODOLOGÍA					
5536	Filtración en membranas Millipore, con medios de cultivo selectivos					
5537						
5538	CONCLUSIONES					
5539	Referirse a la tabla de interpretación de resultados.					
5540	El agua presenta un elevado grado de contaminación, toda vez que los valores de Aerobios Mesófilos,					
5541	colibacilos totales y colibacilos fecales superan los límites máximos tolerables.					

LAQUIFARVA
LABORATORIO QUÍMICO INTEGRAL
DR. ENRIQUE VAYAS L. M.Sc.

Dr. Enrique Vayas M.Sc.

ANÁLISIS: FÍSICO - QUÍMICO - BACTERIOLÓGICO - ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL
CONSULTORÍA - TRATAMIENTO DE AGUAS - MATERIAS PRIMAS - REACTIVOS QUÍMICOS
Dirección: Av. 12 de Noviembre 842 y Maldonado * Telefax: (03) 2423054 - 2422366 - 084 069372
E-mail: envalo50@hotmail.es * Ambato - Ecuador



LAQUIFARVA

SERVICIO DE LABORATORIO QUÍMICO - INTEGRAL
AGUAS - ALIMENTOS - COSMÉTICOS - SUELOS - PREPARACIONES FARMACÉUTICAS

INFORME DE RESULTADOS

Ambato, Abril 1 / 2011

	A	B	C	D	E
4422	ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO DE AGUAS				
4423	Informe de Laboratorio		FQA-1139		
4424	Orden de trabajo	No.	1139		
4425	Presentación	envase	polietileno		
4426	Contenido	ml	4000		
4427	Identificación		Muestra No. 3		
4428	Cantón- Provincia		Latacunga- Cotopaxi		
4429	Empresa				
4430	Solista		Sr. Luis Barahona		
4431	Fecha de muestreo		25-03-11		
4432	Motivo		Control		
4433					
4434	PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS		
4435	ph		7,41		
4436	Color aparente	Pt- Co	20		
4437	Turbiedad	NTU	4,76		
4438	Conductividad Eléctrica	uS/ cm	709		
4439	Sólidos Totales	mg / L	387		
4440	Sólidos Disueltos	"	345		
4441	Sólidos en Suspensión	"	42		
4442	Alcalinidad Total	"	350		
4443	Hidróxidos	"	0		
4444	Carbonatos	"	0		
4445	Bicarbonatos	"	427		
4446	Anhidrido carbónico	"	27,6		
4447	Dureza Total	"	264		
4448	Dureza Carbonatada	"	254		
4449	Calcio	"	48		
4450	Magnesio	"	35,1		
4451	Hierro Total	"	0,15		
4452	Sodio	"	58,3		
4453	Potasio	"	46,6		
4454	Cloruros	"	61		
4455	Sulfatos	"	35		
4456	Nitritos	"	0		
4457	Nitratos	"	2,8		
4458	Cloro libre residual	"	0		
4459	RAS		1,84		
4460	RIVERSIDE		C2S1		
4461	Cadmio	mg / L	< 0,01		
4462	Boro	"	0,52		
4463	Mercurio	ug / L	< 0,1		
4464	Organoclorados	"	1,8		
4465	Organofosforados	"	2,6		
4466	Grasas y Aceites	mg / L	7,2		
4467	Oxígeno Disuelto	"	0		
4468	DBO	"	75		
4469	DQO	"	198		

LAQUIFARVA
LABORATORIO QUÍMICO INTEGRAL
SOLISTA EN QUÍMICA S. R. L. M. G.

**ANÁLISIS: FÍSICO - QUÍMICO - BACTERIOLÓGICO - ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL
CONSULTORÍA - TRATAMIENTO DE AGUAS - MATERIAS PRIMAS - REACTIVOS QUÍMICOS**
Dirección: Av. 12 de Noviembre 842 y Maldonado * Telefax: (03) 2423054 - 2422366 - 084 069372
E-mail: envalo50@hotmail.es * Ambato - Ecuador



LAQUIFARVA

SERVICIO DE LABORATORIO QUÍMICO - INTEGRAL
AGUAS - ALIMENTOS - COSMÉTICOS - SUELOS - PREPARACIONES FARMACÉUTICAS

Ambato, Abril 1 / 2011

INFORME DE RESULTADOS

	A	B	C	D	E	F
5545	ANÁLISIS FÍSICO- BACTERIOLÓGICO DE AGUAS					
5546						
5547	Informe de Laboratorio	No.	FBA-1140			
5548	Orden de trabajo		1140			
5549	Presentación	envase	polietileno			
5550	Contenido	ml	300			
5551	Identificación		Muestra No. 3			
5552	Cantón - Provincia		Latacunga- Cotopaxi			
5553	Empresa					
5554	Solicitante		Sr. Luis Barahona			
5555	Fecha de muestreo		25-03-11			
5556	Motivo		Control			
5557						
5558	PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS			
5559						
5560	pH		7.41			
5561	Color aparente	Pt-Co	20			
5562	Olor		sin olor			
5563	Temperatura	oC	14			
5564	Cloro libre residual	mg/L	0			
5565	Aspecto		Lig. Turbio			
5566	Turbiedad	NTU	4.76			
5567						
5568	ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO					
5569						
5570	Aerobios Mesófilos	ufc/ 100 ml.	incontables			
5571	Colibacilos Totales	"	> 2420			
5572	Colibacilos Fecales	"	> 2420			
5573						
5574	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS					
5575						
5576			T-incubación	Deseable	Permisible	Tolerable
5577	Aerobios Mesófilos	ufc/ 100 ml.	30 oC	0	10	30
5578	Colibacilos Totales	"	35 oC	0	2	10
5579	Colibacilos Fecales	"	44 oC	0	0	0
5580						
5581	ufc/ 100 ml. = Unidades formadoras de colonias / 100 ml					
5582						
5583	METODOLOGÍA					
5584	Filtración en membranas Millipore, con medios de cultivo selectivos					
5585						
5586	CONCLUSIONES					
5587	Referirse a la tabla de interpretación de resultados.					
5588	El agua presenta un elevado grado de contaminación, toda vez que los valores de Aerobios Mesófilos,					
5589	colibacilos totales y colibacilos fecales superan los límites máximos tolerables.					

LAQUIFARVA
LABORATORIO QUÍMICO INTEGRAL

Dr. ENRIQUE VAYAS L. M.Sc.

Dr. Enrique Vayas M.Sc.

ANÁLISIS: FÍSICO - QUÍMICO - BACTERIOLÓGICO - ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL
CONSULTORÍA - TRATAMIENTO DE AGUAS - MATERIAS PRIMAS - REACTIVOS QUÍMICOS
Dirección: Av. 12 de Noviembre 842 y Maldonado * Telefax: (03) 2423054 - 2422366 - 084 069372
E-mail: envalo50@hotmail.es * Ambato - Ecuador



LAQUIFARVA

SERVICIO DE LABORATORIO QUÍMICO - INTEGRAL
AGUAS - ALIMENTOS - COSMÉTICOS - SUELOS - PREPARACIONES FARMACÉUTICAS

INFORME DE RESULTADOS

Ambato, Enero 11/ 2012.

ANÁLISIS FÍSICO- QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO DE AGUAS					
Informe de Laboratorio		FBA-1554			
Orden de trabajo	No.	1554			
Presentación	envase	polietileno			
Contenido	ml	2000			
Identificación					
Sistema					
Sitio		Guaytacama			
Provincia		Cotopaxi			
Solicita		Sr. Luis Barahona			
Fecha de muestreo		07-12-12			
PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS			
pH		7.66			
Color aparente	Pt-Co	20			
Olor		sin olor			
Temperatura	oC	14			
Cloro libre residual	mg/L	0			
Aspecto		transparente			
Turbiedad	NTU	1.28			
Grasas y aceites	%	0.52			
Boro	mg/L	3.15			
ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO					
Aerobios Mesófilos	ufc/ 100 ml.	campo lleno			
Colibacilos Totales	"	> 2420			
Colibacilos Fecales	"	960			
INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS					
		T-incubación	Deseable	Permisible	Tolerable
Aerobios Mesófilos	ufc/ 100 ml.	30 oC	0	10	30
Colibacilos Totales	"	35 oC	0	2	10
Colibacilos Fecales	"	44 oC	0	0	0
ufc/ 100 ml. = Unidades formadoras de colonias / 100 ml					
METODOLOGÍA					
Método del Colilert . Medios de cultivo selectivos					
CONCLUSIONES					
Referirse a la tabla de interpretación de resultados.					
El agua presenta un elevado grado de contaminación, toda vez que el contenido de Aerobios Mesófilos , colibacilos totales y colibacilos fecales superan los límites máximos tolerables. Realizar buenas practicas de desinfección y cloración en todo el sistema de captación, conducción, tratamiento y distribución.					

LAQUIFARVA
SERVICIO DE LABORATORIO QUÍMICO INTEGRAL

Dr. ENRIQUE VAYAS L. M.S.

Dr. Enrique Vayas López M.S.

ANÁLISIS: FÍSICO - QUÍMICO - BACTERIOLÓGICO - ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL
CONSULTORÍA - TRATAMIENTO DE AGUAS - MATERIAS PRIMAS - REACTIVOS QUÍMICOS
Dirección: Av. 12 de Noviembre 842 y Maldonado * Telefax: (03) 2423054 - 2422366 - 084069372
E-mail: enva1050@hotmail.es * Ambato - Ecuador

ANEXOS B.

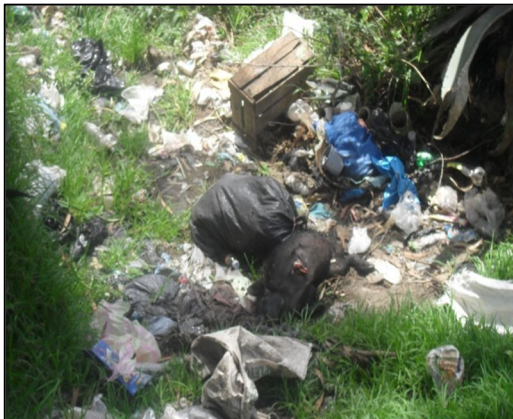
Unión del río Negro y el río Pintze, forman el río Pumacunchi.



Focos de contaminación.



Botaderos de basura.



Botadero antiguo de Saquisilí y basura en descomposición.



Envases de productos químicos en el botadero.



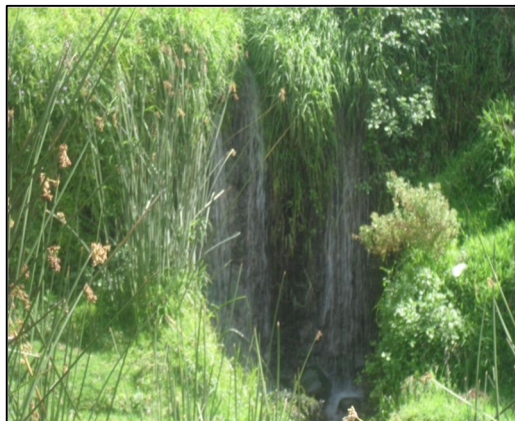
Puente de Saquisilí, un botadero constante de basura.



Basura en las orillas y dentro del río.



Descarga de aguas residuales.



Descargas de aguas servidas y extensiones grandes de cultivos de brócoli.



ANEXO C.

Modelo del sistema de tratamiento propuesto.

