

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

**GESTIÓN DE LAS DESCARGAS CONTAMINANTES SOBRE EL
RÍO CUTUCHI EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA CIUDAD DE
LATACUNGA**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
AMBIENTAL**

GIOVANNI JAVIER GAVILÁNEZ MUÑOZ

win_gol6@hotmail.com

BYRON PATRICIO MOLINA CAMPAÑA

byrom_22hotmail.com

DIRECTOR: ING. CÉSAR ALFONSO NARVÁEZ RIVERA

cesar.narvaez@epn.edu.ec

Quito, junio 2013

DECLARACIÓN

Nosotros, Giovanni Javier Gavilánez Muñoz y Byron Patricio Molina Campaña, declaramos que el presente trabajo es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

GIOVANNI JAVIER GAVILÁNEZ MUÑOZ BYRON PATRICIO MOLINA CAMPAÑA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por los señores Giovanni Javier Gavilánez Muñoz y Byron Patricio Molina Campaña, bajo mi supervisión.

ING. CÉSAR NARVÁEZ

DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la fuerza, paciencia y protección que me ha brindado, sobre todo en el transcurso de mi vida universitaria; a mis padres, Jenny y Patricio, que con su sacrificio y trabajo me han permitido llegar hasta esta etapa de mi vida estudiantil; a mi hermana, Katy, quien me ayuda en todo lo que está a su alcance; a toda mi familia, en especial a mis tíos Adriana y Héctor, quienes en esta etapa se han convertido en un pilar fundamental de apoyo; a mis primos, Mónica y Luis Fernando, con quienes viví y compartí gratos momentos; finalmente, y sin restarles importancia, agradezco a todos mis amigos –que gracias a Dios son muchos, por lo que evitaré nombrarlos–, por formar parte de mi vida y por haber estado, tal vez, cuando más lo necesitaba.

Un agradecimiento especial a nuestro director de tesis, Ing. César Narváez, quien más que un profesor fue un amigo, que con su experiencia y enseñanzas nos ha guiado y permitido finalizar este proyecto; así como también, a mi gran amigo y compañero de tesis, Javier, con quien a pesar de algunos problemas técnicos, hemos finalizado con éxito nuestra tesis.

¡GRACIAS DE TODO CORAZÓN A TODOS!

Byron Molina Campaña

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico a tres personas: a mis padres, Jenny y Patricio, por estar presentes siempre en mi vida haciendo que muchas de las cosas difíciles parezcan sencillas, por enseñarme que no hay recompensa sin sacrificio, por cultivar en mí buenos valores que son muy importantes en la vida, por la paciencia y por el esfuerzo que hacen día a día para que no nos falte nada a mi hermana y a mí. La tercera persona a quien dedico este trabajo es justamente mi hermana, Katy, quien espero siga adelante e igualmente llegue a cumplir todos sus sueños particulares y profesionales.

Este es un logro personal que quiero compartir con ellos para que sean parte de mi inmensa felicidad.

Byron Molina Campaña

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por la inspiración y protección que representa para mí, ya que gracias a Él he logrado tener la perseverancia, fuerza y paciencia para culminar mis estudios universitarios, así como por el privilegio de tener el cariño y apoyo incondicional de mi familia.

A mi familia y amigos por el cariño, solidaridad y los momentos compartidos en situaciones buenas y adversas, pero sobre todo porque cada uno ha sido ejemplo para mí para crecer cada día como persona.

A mi amigo Byron por el compañerismo que caracterizó nuestras labores académicas a lo largo de la carrera, consecuencia por la cual también hemos logrado sacar adelante este proyecto de titulación, que nos ha dejado una buena experiencia.

Un profundo agradecimiento al Ing. César Narváez, director de tesis; en primer lugar, por el apoyo y asesoramiento que nos dio como profesor y director de tesis, y también por ser ejemplo de docencia en el trabajo que desempeña.

Javier Gavilánez Muñoz

DEDICATORIA

Quiero dedicar el fruto de todo este esfuerzo y dedicación a mi madre, Carmen, por ser mi fuente de inspiración y perseverancia, por ser el mejor ejemplo en mi vida haciéndome saber siempre que todo se puede conseguir con fe y disciplina, por su amor incondicional en cada palabra y acción... por ser la mejor madre del mundo.

A mi padre, Jorge, por su cariño, consejos y enseñanzas, ya que gracias a todo eso he logrado sobrellevar los momentos de apremio y he sabido sacar siempre lo positivo a las cosas, y por el carácter y templanza que me ha inculcado para conseguir los objetivos que me trace.

A mis abuelitos, Ángel y Luz América, por su ejemplo de trabajo y honestidad; y, en especial, a mi abuelita por cada consejo y sobre todo por cada bendición recibida.

Javier Gaviláñez Muñoz

ÍNDICE

DECLARACIÓN	II
CERTIFICACIÓN	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO.....	VI
DEDICATORIA.....	VII
RESUMEN	I
PRESENTACIÓN	II
CAPÍTULO I	1
1 ANTECEDENTES	1
1.1 Alcance	1
1.2 Objetivos	3
1.2.1 Objetivo general.....	3
1.2.2 Objetivos específicos.....	3
1.3 Justificación.....	3
1.4 Hipótesis	4
1.5 Metodología	4
CAPÍTULO II	6
2 CARACTERÍSTICAS DEL CANTÓN LATACUNGA	6
2.1 Población urbana	6
2.2 Población rural	9
2.3 Aspectos físicos	14

2.3.1	Clima	14
2.3.2	Recursos hídricos	17
2.3.3	Suelo	19
2.3.4	Usos de suelo	23
2.3.5	Uso y ocupación del suelo en el territorio urbano	28
2.4	Aspectos bióticos	30
2.4.1	Flora	30
2.4.2	Fauna	30
2.4.3	Cobertura vegetal	31
2.5	Aspectos socioeconómicos	39
2.5.1	Componentes económicos	40
2.5.2	Población, empleo y pobreza	41
2.5.3	La Población Económicamente Activa (PEA)	42
2.5.4	Categorías de ocupación	43
2.5.5	Grupos de ocupación y actividades económicas	45
2.5.6	Empleo, desempleo e informalidad.....	47
2.5.7	Actividad agro-productiva	51
2.5.8	Producción pecuaria	52
CAPITULO III		54
3	PROBLEMÁTICA DE LA CONTAMINACIÓN DEL RÍO CUTUCHI.....	54
3.1	Marco Legal	54
3.1.1	Constitución de la República del Ecuador	54
3.1.2	Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD).....	57
3.1.3	Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULSMA) ...	59
3.1.4	Ordenanzas	60

3.2	Justificación para el uso de factores en la conversión de DBO_5 a DBO_u	60
3.2.1	Para aguas residuales domésticas	61
3.2.2	Para aguas residuales industriales	62
3.3	Aguas residuales.....	64
3.3.1	Monitoreos de calidad de agua realizados al río Cutuchi	67
3.3.2	Aguas residuales domésticas	71
3.3.3	Aguas residuales industriales	76
CAPÍTULO IV		106
4	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	106
4.1	Comparación de la calidad de las aguas industriales y domésticas con el TULSMA	106
4.2	Balance de masa de cargas contaminantes.....	110
4.2.1	Descripción del balance de masa	112
4.2.2	Balance de masa en el Sistema 1(C0-C1).....	114
4.2.3	Balance de masa en el Sistema 2 (C1-C2).....	115
4.2.4	Balance de masa en el Sistema 3 (C2-C3).....	115
4.3	Distribución de la carga contaminante en el área de análisis del río Cutuchi.....	124
4.4	Alternativas para la planta de tratamiento	131
4.4.1	Alternativa 1. Lagunas sin geotextil y desinfección separada.....	131
4.4.2	Alternativa 2. Tanques Imhoff, filtros y lagunas de sedimentación .	135
4.5	Encuestas	139
4.6	Discusión de resultados	142
4.7	Análisis socio-ambiental.....	145
4.8	Análisis económico.....	152
CAPITULO V		155

5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	155
5.1	Conclusiones.....	155
5.2	Recomendaciones.....	157
6	BIBLIOGRAFÍA.....	159

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXOS	i
ANEXO 1	i
LISTADO DE INDUSTRIAS ANALIZADAS SOBRE EL RÍO CUTUCHI EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL CANTÓN LATACUNGA	i
ANEXO 2	v
MAPAS DEL CANTÓN LATACUNGA Y DE LA ZONA DE ESTUDIO (RÍO CUTUCHI).....	v
ANEXO 3	vi
ENCUESTAS.....	vi

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Población actual de la ciudad de Latacunga y proyección de la futura población.....	8
Tabla 2-2: Densidad poblacional urbana y rural del cantón Latacunga.....	8
Tabla 2-3: Población rural por parroquias en zonas urbanas y rurales para el cantón Latacunga para los años 2010 y 2026.....	10
Tabla 2-4: Población, superficie y densidad a los años 2010 y 2026, según circunscripciones consideradas (parroquias rurales)	11
Tabla 2-5: Estado de los servicios básicos por parte de las parroquias rurales del cantón Latacunga.....	12
Tabla 2-6: Ubicación geográfica y altitud de las estaciones meteorológicas de la provincia de Cotopaxi.....	15
Tabla 2-7: Registro meteorológico para el período 2000-2009 de las estaciones meteorológicas del cantón Latacunga.....	15
Tabla 2-8: Características de los ríos existentes en el cantón Latacunga.....	18
Tabla 2-9: Unidades de relieve geomorfológicas	20
Tabla 2-10: Tipos de usos de suelo del cantón Latacunga	22
Tabla 2-11: Categorías de uso de suelo y cobertura vegetal por cada parroquia perteneciente al cantón Latacunga	33
Tabla 2-12: Cobertura vegetal alrededor de la zona urbana del cantón Latacunga	36
Tabla 2-13: Población de 12 años y más, según tipo de actividad (Periodo 1950-2001).....	43
Tabla 2-14: Categorías de ocupación en el cantón Latacunga en el 2010.....	44
Tabla 2-15: Grupos de ocupación y principales actividades económicas	45
Tabla 2-16: Principales cultivos transitorios en el cantón Latacunga	52

Tabla 2-17: Producción pecuaria en el cantón Latacunga	53
Tabla 3-1: Algunos valores de DBO5 para líquidos.....	67
Tabla 3-2: Evolución del sector industrial en el cantón Latacunga (Período 1974-2003)	68
Tabla 3-3: Coordenadas de los puntos monitoreados por la SENAGUA en el 2010	69
Tabla 3-4: Parámetros monitoreados en el punto C1	69
Tabla 3-5: Parámetros monitoreados en el punto C2.....	70
Tabla 3-6: Parámetros monitoreados en el punto C3.....	70
Tabla 3-7: Cantidad y composición de las aguas residuales y demanda de agua en viviendas particulares (por persona al día).....	73
Tabla 3-8: Demanda de agua para actividades domésticas.....	74
Tabla 3-9: Parámetros para aguas residuales domésticas de la ciudad de Latacunga.....	74
Tabla 3-10: Calidad de las aguas residuales domésticas	75
Tabla 3-11: Parámetros para el balance de masa.....	75
Tabla 3-12: Número de industrias por actividad	76
Tabla 3-13: Caracterización del efluente líquido de la industria siderúrgica.....	78
Tabla 3-14: Parámetros promedio de una industria de fundición de hierro que se utilizan para el balance de masa	79
Tabla 3-15: Parámetros provenientes de una lubricadora.....	80
Tabla 3-16: Parámetros promedio de lubricadoras que se utilizan para el balance de masa	81
Tabla 3-17: Características de las aguas residuales de la industria textil	82
Tabla 3-18: Parámetros promedio de una industria textil que se utilizan para el balance de masa	83

Tabla 3-19: Parámetros de una fábrica de papel que se utilizan para el balance de masa	85
Tabla 3-20: DBO5 en aguas provenientes de una fábrica de tablas de fibra de madera	86
Tabla 3-21: Parámetros promedio de la fabricación de tablas de fibra que se utilizan para el balance de masa	87
Tabla 3-22: Parámetros provenientes de una estación de servicio	88
Tabla 3-23: Parámetros promedio de estaciones de servicio que se utilizan para el balance de masa	89
Tabla 3-24: Parámetros provenientes de una florícola.....	90
Tabla 3-25: Parámetros provenientes de una florícola.....	91
Tabla 3-26: Valores de los parámetros de una florícola en el área de adición de químicos.....	92
Tabla 3-27: Valores de DQO y valores calculados de DBO ₅	92
Tabla 3-28: Valores de DQO y valores calculados de DBO última.....	93
Tabla 3-29: Valor promedio de DBO última por hectárea.....	93
Tabla 3-30: Parámetros promedio de florícolas que se utilizan para el balance de masa	94
Tabla 3-31: Área y cálculo de la carga orgánica total por florícola	94
Tabla 3-32: Composición promedio de la leche	97
Tabla 3-33: Flujo de aguas residuales de diferentes operaciones de procesamiento de la leche.....	97
Tabla 3-34: Cantidad y composición de los residuos de plantas de productos lácteos.....	99
Tabla 3-35: Parámetros que se utilizan para el balance de masa.....	100
Tabla 3-36: Datos obtenidos de un matadero donde diariamente se beneficiaban 100 animales pequeños y 75 cabezas de ganado	101

Tabla 3-37: Composición de las aguas residuales de un matadero	101
Tabla 3-38: Valores promedio de parámetros para el camal.....	103
Tabla 3-39: Parámetros que se utilizan para el balance de masa (Para la industria de embutidos).....	103
Tabla 3-40: Composición de las aguas residuales provenientes de la producción de almidón de trigo.....	103
Tabla 3-41: Valores de parámetros de industria harinera de gran tamaño	104
Tabla 4-1: Comparación de parámetros caracterizados de las descargas residuales por sector industrial.....	106
Tabla 4-2: Valores de DBO _u , DQO y caudal para los puntos C1, C2 y C3.....	111
Tabla 4-3: Valores de DBO _u , DQO y caudal en el punto de muestreo C1.....	114
Tabla 4-4: Industrias asentadas en el sistema C1-C2.....	115
Tabla 4-5: Cargas contaminantes de todas las ramas industriales asentadas en el sistema C1-C2.....	117
Tabla 4-6: Valores parciales por sectores aportantes en el sistema C1-C2.....	118
Tabla 4-7: Valores ajustados con el caudal muestreado en el sistema C1-C2... ..	119
Tabla 4-8: Tabla comparativa entre los valores calculados y monitoreados en el sistema C1-C2.....	119
Tabla 4-9: Industrias ubicadas alrededor del sistema C2-C3.....	120
Tabla 4-10: Cargas contaminantes de las industrias localizadas en el sistema C2-C3.....	121
Tabla 4-11: Cargas contaminantes de las industrias localizadas en el sistema C2-C3.....	122
Tabla 4-12: Valores parciales por sectores aportantes en el sistema C2-C3.....	122
Tabla 4-13: Valores ajustados con el caudal muestreado en el sistema C2-C3.	123
Tabla 4-14: Tabla comparativa entre los valores calculados y monitoreados en el sistema C2-C3.....	123

Tabla 4-15: Distribución de cargas contaminantes a los largo de los sistemas de análisis	124
Tabla 4-16: Distribución de las cargas contaminantes acumuladas a lo largo de los sistemas de análisis	129
Tabla 4-17: Costos de inversión y cantidad de espacio (terreno) en función de los habitantes para cada proceso para la alternativa 1	133
Tabla 4-18: Costos de mantenimiento para lagunas de estabilización.....	133
Tabla 4-19: Tabla costos nominales (operación).....	133
Tabla 4-20: Costos de inversión y cantidad de espacio en función de los habitantes para cada proceso para la alternativa 1 (Latacunga).....	134
Tabla 4-21: Costos de mantenimiento para lagunas de estabilización (Latacunga)	134
Tabla 4-22: Tabla de costos nominales para operación (Latacunga).....	134
Tabla 4-23: Costos de inversión y cantidad de espacio (terreno).....	137
Tabla 4-24: Costos de mantenimiento anual en relación porcentual a los costos de inversión	137
Tabla 4-25: Costos de operación anual en función de la población	137
Tabla 4-26: Costos de inversión y cantidad de espacio (terreno) necesarios para la ciudad de Latacunga	138
Tabla 4-27: Costos de mantenimiento anual para la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas en la ciudad de Latacunga	138
Tabla 4-28: Costos de operación anual en función de la población	139
Tabla 4-29: Instituciones del cantón Latacunga a donde fueron dirigidas las encuestas.....	139
Tabla 4-30: Resultados de encuestas	140
Tabla 4-31: Costos de los sistemas de tratamiento.....	153
Tabla 6-1: Industrias en el área de influencia del cantón Latacunga.....	ii

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1: Parroquias urbanas del cantón Latacunga.....	7
Figura 2-2: Porcentaje de cobertura de los principales servicios básicos en la ciudad de Latacunga	9
Figura 2-3: Distribución de las parroquias rurales en el cantón Latacunga.....	10
Figura 2-4: Red hidrográfica y microcuencas del cantón Latacunga.....	18
Figura 2-5: Representación gráfica de la superficie de las parroquias del cantón Latacunga.....	25
Figura 2-6: Representación gráfica del porcentaje de la superficie urbana parroquial del cantón Latacunga	25
Figura 2-7: Superficie de los usos de suelo en el cantón Latacunga	28
Figura 2-8: Superficie de los usos de suelo en el territorio urbano Latacunga.....	29
Figura 2-9: Uso de suelo y cobertura vegetal en el cantón Latacunga 2010.....	31
Figura 2-10: Cantidad de hectáreas que representan las categorías de uso de suelo y cobertura vegetal por cada parroquia perteneciente al cantón Latacunga.....	34
Figura 2-11: Porcentaje del área que ocupa el patrimonio natural y otras áreas de protección en el cantón Latacunga.....	39
Figura 2-12: Categorías de ocupación en el cantón Latacunga	44
Figura 2-13: Número de personas por grupo de ocupación al año 2010	47
Figura 2-14: Población económicamente activa en el cantón Latacunga.....	48
Figura 2-15: Población económicamente inactiva en el cantón Latacunga.....	49
Figura 2-16: Categorías de Ocupación en el cantón Latacunga para población informal	50
Figura 2-17: Representación del Uso de Suelos por categoría del cantón Latacunga.....	52

Figura 3-1: Variación temporal de la concentración de la DBO en función del tiempo para aguas residuales domésticas	62
Figura 3-2: Variación temporal de la concentración de la DBO en función del tiempo, para aguas residuales de una industria química	64
Figura 4-1: Comparación de la DQO de las descargas residuales por sector industrial.....	108
Figura 4-2: Comparación de la DBO de las descargas residuales por sector industrial.....	108
Figura 4-3: Comparación de la DQO de las descargas residuales por sector industrial.....	109
Figura 4-4: Comparación de la DBO de las descargas industriales	109
Figura 4-5: Esquema general del balance de masa de cargas contaminantes del río Cutuchi.....	113
Figura 4-6: Porcentajes menores al uno por ciento de cargas de DBO que aportan al río Cutuchi	126
Figura 4-7: Porcentajes mayores al uno por ciento de cargas contaminantes de DBO que aportan al río Cutuchi	126
Figura 4-8: Porcentajes menores al uno por ciento de cargas contaminantes de DQO que aportan al río Cutuchi	127
Figura 4-9: Porcentajes mayores al uno por ciento de cargas contaminantes de DQO que aportan al río Cutuchi	127
Figura 4-10: Distribución de la carga contaminante a lo largo del río Cutuchi ...	128
Figura 4-11: Distribución de la carga contaminante acumulada a lo largo del río Cutuchi	130
Figura 4-12: Esquema de la alternativa uno de tratamiento de aguas residuales domésticas	132
Figura 4-13: Esquema de la alternativa dos de tratamiento de aguas residuales domésticas	136

RESUMEN

En este proyecto se analizan las causas y efectos de la situación actual del manejo del río Cutuchi en el cantón Latacunga. Se ha recopilado y analizado la información disponible, como: estudios ambientales; información geográfica, cultural, demográfica, etc.; y, levantamiento de información a través de visitas de campo y encuestas. Luego se identificaron los puntos críticos acerca de las deficiencias en la gestión del recurso hídrico y se plantearon las mejores soluciones ambientales, políticas e institucionales para la descontaminación del río y la adecuada determinación de competencias.

Se inició con el levantamiento de la información base acerca del cantón Latacunga, donde se identificó la realidad social, económica, ambiental e institucional del cantón a través del tiempo; esto, con la caracterización de las cargas contaminantes, por parte de cada rama industrial asentada en el área de influencia del río Cutuchi, y de las descargas domésticas de la ciudad de Latacunga. Se realizó un balance de masa en tres secciones de análisis, donde la primera sección se considera aguas relativamente limpias; la segunda, caracterizada por el asentamiento de industrias; y la última sección, asimismo por industrias, pero primordialmente influenciada por las aguas residuales domésticas de la ciudad de Latacunga.

Además, se aplicó una serie de encuestas dirigidas a los diferentes actores sociales de la ciudad de Latacunga, para establecer el grado de conocimiento sobre la contaminación del río Cutuchi y sus efectos sobre la población y el ambiente. Por último, se planteó, a partir de los respectivos análisis, sobre todo ambientales y socio-políticos, las mejores alternativas de solución para alcanzar una gestión eficiente del río en cuanto a su calidad.

PRESENTACIÓN

En el Ecuador a través del tiempo, y como tendencia general a nivel mundial, la contaminación hídrica de los cuerpos de agua, como ríos, lagos, acuíferos, etc., ha sido una constante que se ha ido agravando debido al crecimiento poblacional y a la mala gestión y planificación para el aprovechamiento y conservación del recurso agua. Producto de esta problemática, los ríos en el país han venido sufriendo un deterioro ambiental a gran escala, afectando a los organismos y seres vivos que habitan o que dependen de estos sistemas y, por supuesto, a los seres humanos que dependen en forma vital del recurso, y que a la vez son los causantes de la contaminación y degradación de los recursos hídricos, en particular de los ríos.

El río Cutuchi, que atraviesa casi por completo la provincia de Cotopaxi, naciendo en las faldas del volcán del mismo nombre y continuando al sur por la provincia de Tungurahua, es el principal cuerpo de agua de la ciudad de Latacunga, el cual tiene una importante influencia de contaminación por atravesar la zona industrial y la urbe del cantón Latacunga. La influencia antrópica que recibe el río Cutuchi se ve reflejada en este debido a las diferentes actividades industriales, agrícolas y de los poblados, tanto urbanos como rurales, que generan significativas cantidades de aguas residuales al ser estas descargadas de forma directa, es decir, sin previo tratamiento, lo que hace que la calidad del agua alcance niveles muy críticos de contaminación ocasionando un sinnúmero de problemas para las personas y el ambiente.

En este contexto, se hace imprescindible adoptar una ordenada y eficiente gestión en el aprovechamiento o uso de las aguas del río como recurso natural; desde la organización y cooperación interinstitucional de autoridades locales como nacionales, pasando por la responsabilidad social y ambiental de las diferentes industrias y de la población urbana y rural, dando un uso responsable al agua, y un correcto tratamiento a los residuos que se generan, lo que reflejaría una cultura sólida y desarrollada de compromiso y responsabilidad con las actuales y futuras generaciones.

El presente estudio se suma a los esfuerzos para poder alcanzar este nivel de gestión eficiente, identificando los diferentes aspectos que afectan a la calidad del agua del río Cutuchi, como son los factores ambientales, políticos y sociales, que forman un sistema complejo e interdependiente, por lo cual el ordenamiento y análisis de la información es importante para identificar las falencias respectivas y plantear las alternativas que permitan llegar a un manejo sustentable del recurso hídrico.

CAPÍTULO I

1 ANTECEDENTES

1.1 ALCANCE

El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal (GADM) del cantón Latacunga ha permitido en su territorio el funcionamiento de un alto número de industrias, que en su conjunto se han convertido en una fuente importante de descargas contaminantes hacia el río Cutuchi. De igual manera, otra de las fuentes significativas de contaminación para este río son las descargas de aguas residuales domésticas sin tratamiento, lo cual genera problemas de salud pública, tanto a la población que vive en las riberas del río como a la población que lo utiliza. Históricamente, los problemas relacionados a la calidad ambiental del río Cutuchi y las consecuencias en la población se han agravado con el tiempo, responsabilidad que recae en las funciones desempeñadas por parte de las autoridades de las instituciones involucradas.

El incremento de la población y de las industrias en la ciudad de Latacunga ha ocasionado una mayor afectación a las aguas del río Cutuchi, ya que son sectores que tienen una relación directa con la degradación ambiental del río. No existe una adecuada gestión del recurso que permita mejorar sus condiciones de calidad, para evitar que se convierta en un foco de contaminación para el entorno y la población involucrada con el río Cutuchi dentro del cantón Latacunga.

Con la elaboración del presente proyecto se determinará la problemática política, administrativa y ambiental en la gestión del río Cutuchi; producto de este análisis, se podrá establecer las fortalezas y, en especial, las debilidades existentes en el cantón, para un desempeño eficiente de las funciones relacionadas al manejo de este recurso hídrico por parte de las autoridades encargadas. Esto se lo hará con la recopilación y procesamiento de información ambiental, político-administrativa y social de los factores involucrados en la degradación hídrica del río. La

información se relaciona con calidad del agua, balance de masa, hidrología, depuración de aguas residuales, evaluación de impactos ambientales, sistemas ambientales, gestión de recursos naturales y legislación ambiental, como principales temas a abordar para el presente trabajo, donde se plantean los siguientes pasos a seguir:

- a) Realizar un catastro de las industrias existentes en el área de influencia de la ciudad de Latacunga.
- b) Obtener información de caudal y de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) de las descargas al río Cutuchi por parte de las industrias consideradas en este trabajo.
- c) Obtener información de parámetros de caudal y DBO de las descargas del agua residual doméstica de la ciudad de Latacunga hacia el río Cutuchi.
- d) Obtener información de DBO del río Cutuchi aguas abajo de la ciudad de Latacunga.
- e) Realizar un balance de masa tomando en cuenta los parámetros obtenidos, tanto de las industrias como del agua residual doméstica proveniente de la ciudad.
- f) Identificar cuál de las dos fuentes importantes de contaminación del río es la más significativa, en cuanto a la degradación del recurso.
- g) Documentar iniciativas y proyectos que se han generado para el manejo ambiental del recurso hídrico.
- h) Investigar, a través de entrevistas y consultas a las autoridades competentes, tanto sociales como políticas que estén involucradas, sobre la gestión ambiental del río Cutuchi.
- i) Analizar la problemática interinstitucional encargada del uso, manejo y control de las aguas descargadas al río Cutuchi.
- j) Identificar fortalezas y debilidades existentes y establecer alternativas para mejorar la actual gestión que se lleva a cabo en el río Cutuchi.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la problemática política, administrativa y ambiental, en relación con el desempeño de las instituciones responsables del control de descargas contaminantes en el río Cutuchi del cantón Latacunga.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer el número de industrias que tienen influencia sobre la calidad del agua del río Cutuchi.
- Cuantificar el número de descargas y la concentración de estas, en función de la normativa ambiental vigente.
- Realizar una comparación cualitativa y cuantitativa de la calidad del agua del río Cutuchi; tanto aguas arriba, cuando se mezcla con las descargas industriales, como aguas abajo, cuando se une con las descargas domésticas.
- Establecer las acciones interinstitucionales existentes sobre el tema, que influyen directamente sobre el manejo ambiental del río.
- Una vez identificado el sector de mayor contribución a la degradación del río Cutuchi, establecer las soluciones más viables, tanto en materia económica como tecnológica existente en el mercado, para la mejora de la calidad del agua del río Cutuchi, y el cumplimiento de la norma vigente.
- Determinar las soluciones más factibles para la recuperación de la calidad del agua del río Cutuchi mediante la gestión ambiental de las descargas contaminantes sobre este río en el área de influencia de la ciudad de Latacunga.

1.3 JUSTIFICACIÓN

El agua es un recurso vital para todos los seres vivos, que debido al poco cuidado que se tiene en los diferentes usos y servicios que se obtiene de este recurso, da como resultado la contaminación y degradación, haciendo que su cantidad, en cuanto a calidad para la utilización, sea cada vez menor, además de la afectación

que origina en la calidad de vida de las poblaciones que se encuentran a su alrededor. Se generan problemas de salud ligados al riego con aguas residuales, alteración en el paisaje y malestar por olores desprendidos de este recurso. A pesar de que problemas como estos son evidentes en la ciudad de Latacunga, relacionados con el río Cutuchi, que atraviesa esta ciudad en sentido Norte-Sur, no se han establecido medidas adecuadas por parte de las diferentes autoridades competentes para mejorar los mencionados aspectos, y así evitar y controlar la degradación del río a lo largo de los años.

Con un análisis de la problemática que se ha venido desarrollando a lo largo de los años en cuanto al manejo de la calidad de este río, se busca identificar las principales fortalezas y debilidades del manejo del recurso hídrico y establecer las mejores alternativas para mejorar la actual gestión del río Cutuchi.

1.4 HIPÓTESIS

Con la gestión de las descargas contaminantes sobre el río Cutuchi en el área de influencia del cantón Latacunga, se determinarán las soluciones más factibles para la recuperación de la calidad de sus aguas, mediante un análisis de los aspectos ambientales, políticos y sociales que han originado la degradación de este recurso.

1.5 METODOLOGÍA

El presente estudio se lo ha realizado mediante un criterio determinístico, en donde se hace un diagnóstico de las causas ambientales, administrativas y políticas en la gestión del río Cutuchi, basado en tres aspectos fundamentales: técnico, social y ambiental.

El aspecto técnico se basa en la recopilación y análisis de la información existente sobre la calidad de agua del río Cutuchi, el que se debería plasmar en proyectos de recuperación de este recurso hídrico; a esto se lo ha venido aplazando a través de los años por la deficiente gestión y administración de las diferentes instituciones locales y nacionales pertinentes, lo que ha desembocado en un alto grado de contaminación actual del río.

En cuanto al aspecto social, se analizan las descargas residuales generadas por la población de la ciudad de Latacunga y las empresas privadas ubicadas en la zona de influencia del cantón, las cuales afectan la calidad del agua de este recurso y, por tanto, la calidad de vida de la población directa o indirectamente influenciada. Mediante entrevistas aplicadas al personal de las principales instituciones públicas y privadas relacionadas e involucradas con la gestión de este río, se nos permitió conocer las diferentes competencias que asumen o que, de lo contrario, evaden sus responsabilidades, emitiendo criterios sobre las competencias que deberían llevar las instituciones relacionadas a la gestión del río Cutuchi.

Finalmente, en el aspecto ambiental se observa, mediante una caracterización de las descargas de las aguas residuales de las diferentes industrias localizadas en el cantón y de las aguas residuales domésticas provenientes específicamente de la ciudad de Latacunga, el cumplimiento de la normativa ambiental vigente a nivel nacional; sin embargo, en la mayor parte de las industrias y de las descargas residuales domésticas su cumplimiento es muy escaso, por lo que la afectación a la calidad del agua del río Cutuchi es muy representativa, lo que es un reflejo de lo que sucede en la mayoría de ríos del país.

También se llevó a cabo una división en tres secciones del río Cutuchi, en donde se realizó un balance de masa, basado en la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y DBO para cada sección, analizando la calidad de agua en cada una de ellas, pues de acuerdo a los parámetros establecidos en la normativa vigente, se presentan criterios de uso que se pueden aplicar a estas aguas dependiendo de dichos parámetros.

Una vez identificados los puntos más críticos a través del análisis de la información recopilada de estudios, informes, encuestas, visitas de campo e información bibliográfica, se llega a la identificación de las consecuencias y alternativas más viables para la descontaminación de las aguas del río Cutuchi.

CAPÍTULO II

2 CARACTERÍSTICAS DEL CANTÓN LATACUNGA

El cantón Latacunga se ubica en la sierra central, en la provincia de Cotopaxi. Se encuentra a una altitud de 2850 msnm y limita al Norte con la provincia de Pichincha, al Sur con el cantón Salcedo, al Este con la provincia de Napo y al Oeste con los cantones Sigchos, Saquisilí y Pujilí.

El cantón Latacunga presenta limitaciones para garantizar un nivel de vida más equitativo y socialmente justo para su población, por el inadecuado modelo de organización territorial que profundiza y mantiene la brecha entre lo urbano y lo rural (Ref. 14).

2.1 POBLACIÓN URBANA

La ciudad de Latacunga cuenta con cinco parroquias urbanas: La Matriz, Eloy Alfaro, Ignacio Flores, Juan Montalvo y San Buenaventura; estas son parroquias de las cuales la mayor parte de sus habitantes ocupa la superficie céntrica del territorio, lugar donde tuvo sus orígenes la ciudad como tal.

La Figura 2-1 muestra el área urbana caracterizada por la concentración de la población:

Figura 2-1: Parroquias urbanas del cantón Latacunga

Fuente: Ref. 14

En la Figura 2-1, se puede observar que en parroquias urbanas existe gran cantidad de superficie disponible para una futura población; además, de acuerdo a estudios realizados por el GAD Municipal de Latacunga, identifican que varios sectores disponen de servicios básicos de agua y alcantarillado público, poniendo en evidencia el desordenado crecimiento y carente ordenamiento poblacional de la ciudad, generando de esta manera que el territorio no sea equitativo en cuanto a los servicios de educación, salud y vivienda, tanto urbana como rural (Ref. 14).

De acuerdo al Instituto Nacional Ecuatoriano de Estadística y Censos (INEC), la ciudad de Latacunga presentó al año 2010 una población urbana de 63.842 habitantes, que en el transcurso de los últimos años se ha incrementado en esta zona, reflejándose en la tendencia creciente para los próximos años, como se muestra en la Tabla 2-1.

Tabla 2-1: Población actual de la ciudad de Latacunga y proyección de la futura población

Año	NÚMERO DE HABITANTES		
	Urbano	Rural	Total
2010	63.842 (37%)	106.647 (63%)	170.489 (100%)
2026	72.684 (37%)	121.418 (63%)	194.102 (100%)

Fuente: Ref. 14.

La Tabla 2-1 muestra que en la ciudad de Latacunga la población urbana, es decir, la población que se encuentra dentro del área céntrica de la ciudad, representa alrededor del 63%, correspondiendo el 37% restante a su población rural.

Con la población al 2010 y la población proyectada al 2026, e incluyendo la superficie urbana y total cantonal de la ciudad de Latacunga, se calcula la densidad bruta poblacional urbana, rural y cantonal. La Tabla 2-2 presenta la superficie urbana y rural, y la densidad poblacional del cantón Latacunga para los años 2010 y 2026.

Tabla 2-2: Densidad poblacional urbana y rural del cantón Latacunga

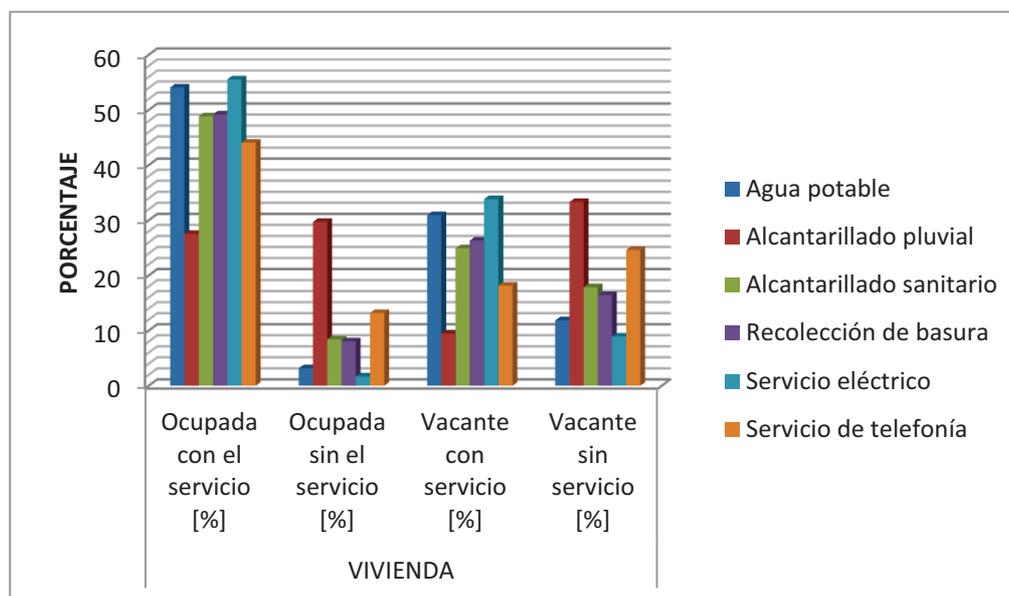
AÑO		SUPERFICIE	DENSIDAD BRUTA [HAB./M ²]
AÑO 2010	Urbano	3.415,94	18,69
	Rural	23.071,27	4,62
	Total cantonal	138.566	1,23
AÑO 2026	Urbano	3.415,94	21,28
	Rural	23.071,27	5,26
	Total cantonal	138.566	1,40

Fuente: Ref. 14.

Las densidades obtenidas en la Tabla 2-2 muestran un incremento para el año 2026 en la zona urbana y, en general, para el cantón; mientras que en la zona rural existe una disminución por la emigración que ha existido y existirá si no se mejoran las condiciones de vida de este estrato poblacional.

La cobertura de servicios básicos que se prestan a la población de la ciudad de Latacunga, se resumen en la Figura 2-2 (Ref. 14).

Figura 2-2: Porcentaje de cobertura de los principales servicios básicos en la ciudad de Latacunga



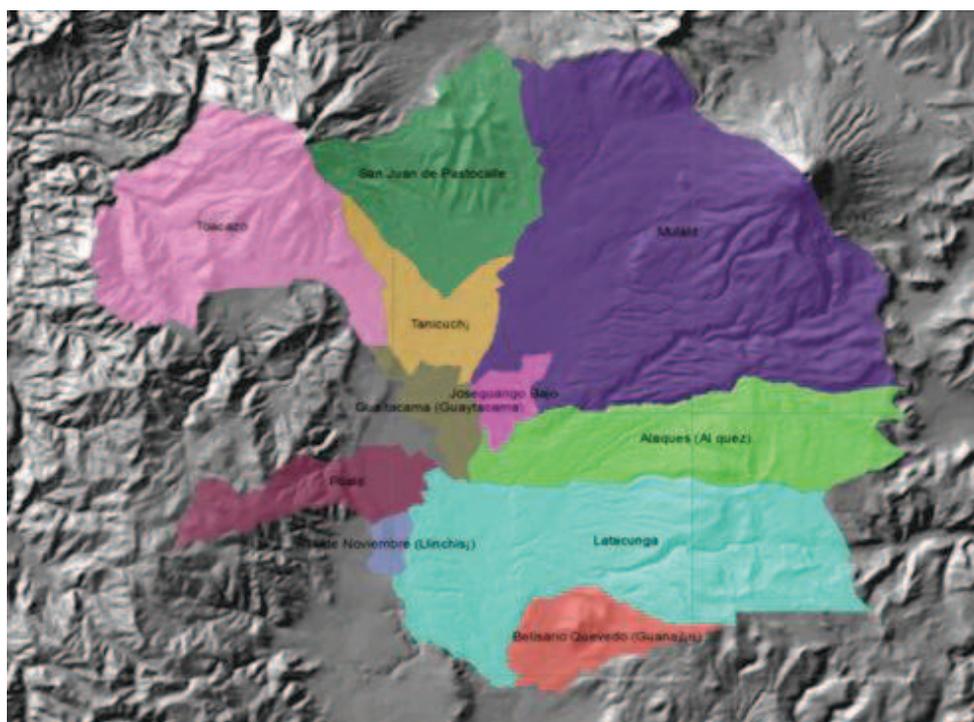
Elaborado por: Molina B. y Gavilánez J.

Se puede observar en la Figura 2-2 la marcada diferencia que existe entre el área ocupada y el área vacante, produciéndose una contradicción entre ambas, ya que en la segunda área se dispone de mayor cantidad de servicios básicos que en la primera, la cual tiene mayor cantidad de habitantes. Adicionalmente, de acuerdo a los datos mostrados, se identifica que más de la mitad de la población de la ciudad no cuenta con el sistema de alcantarillado pluvial, lo cual podría llegar a saturar el sistema de alcantarillado sanitario en las áreas que disponen de este sistema, originando riesgo de inundaciones (Ref. 14).

2.2 POBLACIÓN RURAL

La zona rural está compuesta por 10 parroquias, estas son: Aláquez, Belisario Quevedo, Guaytacama, Joseguango Bajo, Mulaló, 11 de Noviembre, Pastocalle, Poalo, Tanicuchi y Toacaso. La ciudad de Latacunga concentra la mayor parte de población. La Figura 2-3 presenta la distribución de las parroquias rurales dentro del cantón Latacunga.

Figura 2-3: Distribución de las parroquias rurales en el cantón Latacunga



Fuente: Ref. 14

En la Tabla 2-3 se muestra la población rural por parroquias en zonas urbanas y rurales para el cantón Latacunga para los años 2010 y 2026:

Tabla 2-3: Población rural por parroquias en zonas urbanas y rurales para el cantón Latacunga para los años 2010 y 2026

PARROQUIA	2010			2026		
	URBANA	RURAL	TOTAL	URBANA	RURAL	TOTAL
Alaquez	1301	4180	5481	1481	4759	6240
Belisario Quevedo	1627	4922	6549	1852	5604	7456
Guaytacama	2586	7082	9668	2944	8063	11007
Joseguango Bajo	655	2214	2869	746	2521	3267
Mulaló	1025	7070	8095	1167	8049	9216
11 de Noviembre	261	1727	1988	297	1966	2263
Pastocalle	2425	9024	11.449	2761	10274	13.035
Poalo	330	5379	5709	376	6124	6500
Tanicuchi	2269	10.562	12.831	2583	12025	14.608
Toacaso	1894	5791	7685	2156	6593	8749
	TOTAL:		72.324	TOTAL:		82.341

Fuente: Ref. 14

Como se muestra en la Tabla 2-3, la población en las parroquias rurales del cantón Latacunga para el 2010 suman 72.324 habitantes, proyectándose para el año 2026 un incremento de aproximadamente 10.000 habitantes.

Dentro de la zona rural existen marcadas diferencias, sobre todo en lo que respecta a servicios básicos, donde, como es de esperar, la cobertura es muy inferior en calidad y cantidad respecto a la zona urbana. Esto muestra un criterio inequitativo de gestión territorial, que se traduce en un modelo concentrador privilegiando al mayor centro urbano respecto a las áreas rurales del cantón. Uno de los principales problemas en servicios básicos en las parroquias rurales es el agua: se abastecen de agua entubada y no segura para el consumo humano (Ref. 14).

Tabla 2-4: Población, superficie y densidad a los años 2010 y 2026, según circunscripciones consideradas (parroquias rurales)

CANTÓN LATACUNGA CIRCUNSCRIPCIONES	SUPERFICIE (HA)	POBLACIÓN 2010	DENSIDAD 2010 (HAB./HA)	POBLACIÓN 2026	DENSIDAD 2026 (HAB./HA)
Alaquez	14.755.16	5481	0,37	6240	0,42
Belisario Quevedo	4983.82	6549	1,28	7456	1,50
Guaytacama	2842.21	9668	3,40	11007	3,87
Joseguango Bajo	1748.30	2869	1,64	3267	1,87
Mulaló	43.849.14	8095	0,18	9216	0,21
11 de Noviembre	920.59	1988	2,16	2263	2,46
Pastocalle	13.642.34	11.449	0,84	13,035	0,96
Poalo	5696.66	5709	1,00	6500	1,14
Tanicuchi	5404.54	12.831	2,37	14,608	2,70
Toacaso	18.236.46	7685	0,42	8749	0,48

Fuente: Ref. 14

En la Tabla 2-4 se puede ver que las parroquias más densas, para el 2010, son: Belisario Quevedo, Guaytacama, Joseguango Bajo, 11 de Noviembre y Tanicuchi, manteniéndose la tendencia de ser las más densamente pobladas para el 2026, a excepción de las parroquias Belisario Quevedo y Guaytacama, donde la densidad neta disminuye considerablemente para el 2026.

Con respecto a la cobertura y calidad de los servicios en las parroquias rurales no se tiene datos estadísticos, pero sí una estimación cualitativa producto de reuniones con los representantes de las juntas parroquiales, la que es un indicador para conocer el nivel de vida de la población que habita en sus respectivas parroquias. A continuación se muestra, en la Tabla 2-5, estimaciones de servicio en cada parroquia por cada servicio básico. Están incluidas todas las parroquias del cantón Latacunga a excepción de Poaló.

Tabla 2-5: Estado de los servicios básicos por parte de las parroquias rurales del cantón Latacunga

SERVICIOS BÁSICOS PARROQUIAS	SERVICIOS BÁSICOS QUE RECIBEN LAS PARROQUIAS RURALES				
	AGUA POTABLE	ALCANTARILLADO	RECOLECCIÓN DE BASURA	ENERGÍA ELÉCTRICA	SERVICIO TELEFÓNICO
Pastocalle	Deficiente (sistema de agua entubada)	Sistema deficiente (cerca de colapsar)	Dos veces por semana, no satisface	Servicio a nivel de residencias; el alumbrado público es escaso y obsoleto	50% de la población con cobertura
Guaytacama	Obsoleto (carece de una planta de tratamiento)	Sistema deficiente (cubre apenas el 31,5% de la población)	Servicio dos veces por semana, no satisface	Servicio con problemas en el alumbrado público	50% de la población con cobertura
11 de Noviembre	Deficiente (sistema de agua entubada)	No tiene este sistema (el 85% de los habitantes usan letrinas, el otro 15% no utiliza ningún sistema)	Servicio dos veces por semana que no satisface	Servicio a nivel residencial; con problemas en el servicio de alumbrado público, insuficiente y deficiente	50% de la población con cobertura
Toacaso	Obsoleto (no existe agua para consumo humano)	Sistema deficiente	Servicio dos veces por semana que no satisface	Servicio a nivel residencial; con problemas en el servicio de alumbrado público	50% de la población con cobertura

SERVICIOS BÁSICOS PARROQUIAS	SERVICIOS BÁSICOS QUE RECIBEN LAS PARROQUIAS RURALES				
	AGUA POTABLE	ALCANTARILLADO	RECOLECCIÓN DE BASURA	ENERGÍA ELÉCTRICA	SERVICIO TELEFÓNICO
Mulaló	Deficiente	Sistema deficiente	Deficiente y tiene problemas con los desechos	Servicio a nivel residencial; con problemas en el servicio de alumbrado público, deficiente e insuficiente	50% de la población con cobertura
Alaquez	Deficiente (sistema de agua entubada en mal estado)	Sistema deficiente	Servicio dos veces por semana que no satisface	El sistema es deficiente	El sistema es deficiente
Joseguango Bajo	Deficiente (sistema de agua entubada)	Sistema deficiente	Servicio dos veces por semana que no satisface	Servicio a nivel residencial; con problemas en el servicio de alumbrado público, insuficiente y deficiente	50% de la población con cobertura
Tanicuchi	Deficiente (solo posee sistema de agua entubada)	Sistema deficiente (54% de población sin servicio)	16% de la población accede a este servicio	El sistema es insuficiente, con redes obsoletas, postes de madera para alumbrado público y lámparas quemadas	50% de la población con cobertura
Belisario Quevedo	Cuenta con el servicio (sin embargo las redes están obsoletas)	Posee alcantarillado sin tratamiento de aguas negras	La recolección se realiza una vez por semana, es insuficiente	Servicio a nivel residencial, con problemas en el alumbrado público, es insuficiente y deficiente	70% de la población con cobertura

Fuente: Ref. 14

Se presenta, en términos generales, la crítica situación de los servicios básicos en las zonas rurales, donde el agua potable en su mayoría no es segura, puesto que

es entubada –esto es sin tratamiento en algunos casos y con redes obsoletas en otros–. El alcantarillado es un caso muy parecido, puesto que tiene porcentajes mínimos de cobertura de la población y en ciertos casos nula.

Con respecto a la recolección de basura, la mayoría de parroquias, en el mejor de los casos, tiene el servicio dos veces por semana, el cual no satisface a la población. La energía eléctrica por su parte cubre aceptablemente la demanda a nivel residencial, pero el alumbrado público tiene muchos problemas, como lámparas quemadas, postes de madera e infraestructura deficiente. Por último, en el caso del servicio telefónico, la mayoría de parroquias tiene una cobertura del 50%, excepto Belisario Quevedo que alcanza el 70% de este servicio. El servicio telefónico fijo es complementado por la población que se sirve de la telefonía celular.

2.3 ASPECTOS FÍSICOS

2.3.1 CLIMA

El clima es el conjunto de estados de la atmósfera a lo largo de un intervalo de tiempo grande; para la caracterización del clima se consideran algunos elementos, como temperatura, precipitación, humedad, presión atmosférica y vientos, de los cuales se obtiene un promedio de los eventos en los diferentes años analizados. Además, estos elementos dependen de varios factores propios del lugar, como latitud, altitud, pendientes y cobertura vegetal, por lo que permiten distinguir las condiciones de humedad prevaletientes de un lugar.

Para el análisis climatológico del cantón Latacunga se han utilizado datos de la estación meteorológica más cercana al cantón y de una estación ubicada dentro de este. Este análisis se ha realizado durante el período 2000-2009 para obtener resultados climáticos que se dan en este lugar. En la siguiente tabla se describe la ubicación y la altitud de las estaciones tomadas en cuenta para el análisis:

Tabla 2-6: Ubicación geográfica y altitud de las estaciones meteorológicas de la provincia de Cotopaxi

CÓDIGO	NOMBRE	TIPO DE ESTACIÓN	LATITUD (SUR)	LONGITUD (OESTE)	ALTURA (MSNM)
M120	Cotopaxi-Clirsen	Climática principal	0° 37' 9"	78° 34' 19"	3560
MA1V	Cotopilalo	Climática ordinaria	0° 41' 0"	78° 42' 0"	3250
M004	Rumipamba Salcedo	Agrometeorológica	1° 1' 5"	78° 35' 32"	2628
M371	Pastocalle	Pluviométrica	0° 43' 30"	78° 37' 57"	3130
M375	Saquisilí	Pluviométrica	0° 50' 16"	78° 30' 52"	2020
	Aeropuerto Cotopaxi	Climática principal	0° 54' 24"	78° 37' 00"	2792

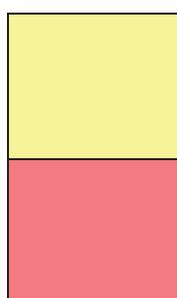
Fuente: Ref.13

Registro Histórico meteorológico de la estación Aeropuerto Cotopaxi. Dirección General de Aviación Civil.

Tabla 2-7: Registro meteorológico para el período 2000-2009 de las estaciones meteorológicas del cantón Latacunga

ESTACIÓN	AÑO	TEMPERATURA MEDIA (°C)	PRECIPITACIÓN TOTAL (MM)	HUMEDAD RELATIVA (%)
Rumipamba Salcedo	2000	13,6	739,0	74,0
	2001	14,0	3838,2	73,0
	2002	14,2	529,7	75,0
	2003	14,4	442,0	74,0
	2004	14,2	435,6	76,0
	2005	14,3	51,8	74,0
	2006	14,0	659,4	77,0
	2007	13,9	506,3	76,0
	2008	13,7	670,9	77,0
	2009	14,4	482,5	75,0
	Promedio	14,1	835,5	75,1
Aeropuerto Cotopaxi	2000	13,5	720,0	76,0
	2001	13,9	432,8	75,0
	2002	14,0	533,2	74,0
	2003	14,2	405,8	74,0
	2004	14,3	365,1	72,0
	2005	14,4	458,0	71,0
	2006	14,1	539,2	74,0

ESTACIÓN	AÑO	TEMPERATURA MEDIA (°C)	PRECIPITACIÓN TOTAL (MM)	HUMEDAD RELATIVA (%)
	Promedio	14,1	493,4	73,7
PROMEDIO TOTAL		14,1	664,5	74,4



- Valores máximos de cada elemento variable meteorológico, en cada estación.
- Valores mínimos de cada elemento variable meteorológico, en cada estación.

Fuente: Ref. 14

El cantón Latacunga tiene un espacio geográfico montañoso de topografía accidentada, enclavado entre las cordilleras occidental y central de los Andes. Para la caracterización del clima de este cantón, de acuerdo a los datos disponibles de las estaciones presentadas, en el período 2000-2009, se experimentó una temperatura anual media de 14,1 °C, una precipitación total anual media de 664,5 mm y una humedad anual media del 74,4%.

En la estación meteorológica Rumipamba-Salcedo, la temperatura media anual tiene un valor mínimo de 13,6 °C, en el año 2000, y un máximo valor de 14,4 °C en los años 2003 y 2009; mientras que para el precipitación total anual presenta un valor mínimo de 51,8 mm en el año 2005 y un máximo valor de 3838,2 mm en el año 2001. Finalmente, para la humedad relativa en esta estación, se presenta un valor mínimo de 73% en el año 2001 y un máximo valor de 77% en el año 2006.

Para el caso de la estación meteorológica ubicada dentro de las instalaciones del aeropuerto de Latacunga, la temperatura media anual presenta un valor mínimo de 13,5 °C en el año 2000, y un máximo valor de 14,1 °C en el año 2006; la precipitación total anual en esta estación presenta un valor mínimo de 365,1 mm en el año 2004, y un máximo valor de 720 mm en el año 2001. Finalmente, para

los valores de la humedad relativa, existe un valor mínimo de 71% en el año 2005 y un máximo valor de 76% en el año 2000.

2.3.2 RECURSOS HÍDRICOS

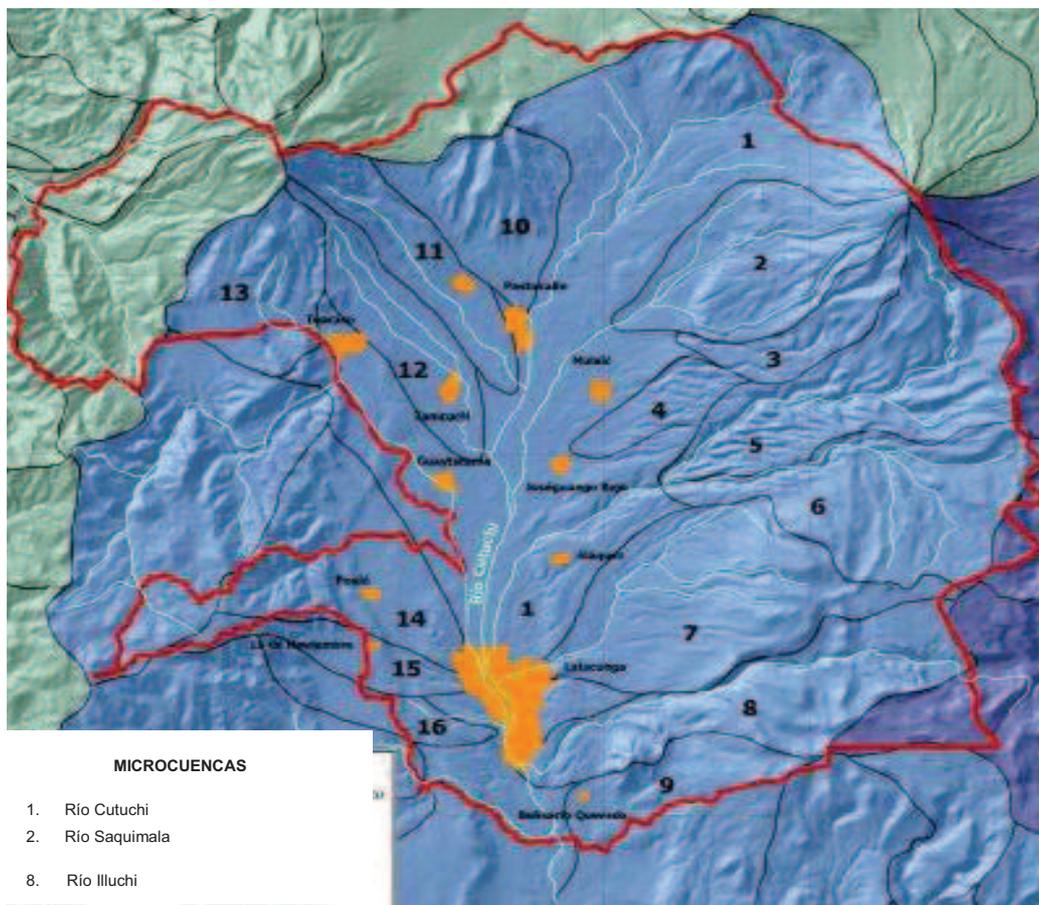
Los recursos hídricos que forman parte del cantón Latacunga son los sistemas fluviales de los ríos Cutuchi, Blanco y Saquimala, los cuales se han formado de la unión de quebradas que provienen de montes y volcanes. Así se tiene las quebradas Santa Ana y río Blanco para formar el río Blanco; San Francisco, Tiopulrillo, Pucahuayco y Paraguasucho para formar el Cutuchi; Chiria, Chica de Chiriacu, quebrada Grande de San Lorenzo y quebrada San Diego, que provienen del volcán Cotopaxi para formar el río Saquimala (Ver Figura 2-4).

El territorio del cantón Latacunga forma parte de la cuenca alta del río Pastaza, donde más del 87% de dicho territorio forma parte de esta cuenca; particularmente de la subcuenca del río Patate. Las zonas altas de las parroquias Toacaso y Pastocalle se asientan sobre la demarcación hídrica del río Esmeraldas.

En la subcuenca del río Patate, la microcuenca de mayor importancia que se localiza en el cantón es la del río Cutuchi, que atraviesa el cantón Latacunga en sentido Norte-Sur, recibiendo aportes de sus afluentes: Manzanahuayco, Yanayacu, Ruminahui, Nagsiche, Aláquez, Chalupas, Illuchi, Blanco, Pumacunchi y Quindigua (Ref. 14).

Las cuencas medias y bajas del sistema hídrico cantonal están contaminadas principalmente por descargas orgánicas; la cuenca principal del sistema, es decir la del río Cutuchi, presenta síntomas de alta contaminación por descargas residuales domésticas y de origen agroindustrial.

Figura 2-4: Red hidrográfica y microcuencas del cantón Latacunga



Fuente: Ref. 14

En la Tabla 2-8 se muestran las longitudes y sentido de flujo de los ríos en el cantón Latacunga.

Tabla 2-8: Características de los ríos existentes en el cantón Latacunga

RÍO	LONGITUD DE RECORRIDO DENTRO DE LA CIUDAD (KM)	SENTIDO DE FLUJO	CONFLUENCIA
Cutuchi	11,7	Norte-Sur	Es la principal arteria fluvial de la microcuenca en la que se asienta la ciudad
Aláquez	5,6	Norte-Sur (paralelo al río Cutuchi, sobre su costado este)	Confluye al río Cutuchi a la altura del centro de la ciudad
Pumacunchi	8,9	Norte-Sur (paralelo al río Cutuchi, por el costado oeste)	Confluye al río Cutuchi en el extremo suroeste de la ciudad
Yanayacu	4,3	Este-Oeste	Confluye en el río

RÍO	LONGITUD DE RECORRIDO DENTRO DE LA CIUDAD (KM)	SENTIDO DE FLUJO	CONFLUENCIA
			Cutuchi desde las colinas del este de la ciudad en dirección oeste; en su recorrido atraviesa el centro urbano de la ciudad.
Cunuyacu	3,4	Este-Oeste (paralelo al río Yanayacu)	Confluye en el río Cutuchi atravesando el sector centro-sur de la ciudad
Illuchi	4,6	Sureste	Delimita la zona urbana de la ciudad

Fuente: Ref. 14

El río Cutuchi es el de mayor longitud atravesando la ciudad en sentido Norte-Sur, siendo la principal arteria fluvial del cantón Latacunga (Ver Tabla 2-8).

La oferta hídrica de la microcuenca del río Cutuchi se estima en 1.000 mm³ por año, su caudal promedio a la altura de Latacunga es de 5,2 m³/s (164 mm³) y de 27 m³/s luego del río Yanayacu. En cuanto a las aguas subterráneas, la cuenca del río Cutuchi alberga varios acuíferos, que actualmente son objeto de aprovechamiento a través de pozos perforados por diferentes sectores.

En el cantón Latacunga existen alrededor de 1000 juntas de agua potable que cubren aproximadamente el 60% de la población, entre los cuales tenemos, por ejemplo, el Sistema Regional Oriental, el Canal Norte y el Sistema Pilacumbi. La mayor parte de los sistemas domésticos del cantón tienen un período de funcionamiento superior a los 30 años, por lo que están colapsados y sin mantenimiento; en pocos casos el agua recibe como tratamiento la aplicación de cloro.

2.3.3 SUELO

2.3.3.1 Relieve

La intensa actividad volcánica, los diversos episodios geológicos, y los procesos erosivos, influyen directamente a lo largo del tiempo sobre los relieves preexistentes, dando la forma de la topografía particular del cantón Latacunga,

donde se tiene un dominio paisajístico fisiográfico dominante de terrazas estructurales.

Tabla 2-9: Unidades de relieve geomorfológicas

UNIDAD	UBICACIÓN	CARACTERÍSTICAS DE INCLINACIÓN	FORMACIÓN	SUPERFICIE QUE ABARCA (%)
Depresión: graven o valle interandino	Zona central del cantón	Relieve entre plano y ligeramente inclinado. Pendientes entre 0-5%	Procesos de relleno con piroclastos, sedimentos y material lahárítico proveniente del volcán Cotopaxi	Ocupan la mayor superficie con 54.489, 96 hectáreas que corresponden al 39,33% del área cantonal.
Superficies de aplanamiento	Concentradas en la zona central del cantón	Pendientes moderadamente inclinadas y relieves altos de flanco interno de cordillera. Entre 5-12%.	Cobertura de suelo de origen piroclástico terciario o reciente	Cubre 17.005,32 hectáreas, que representan un 12,27% del cantón Latacunga
Zona de colinas medianas	En el sector oriental del cantón, concentradas en mayor medida en las parroquias de Aláquez, Latacunga y Belisario Quevedo.	Crestas redondeadas con ejes en sentido del drenaje que abarcan sectores con pendientes inclinadas de 12 a 25%		Cubre una extensión de 25.584, 75 hectáreas, correspondientes al 18,47% del territorio cantonal
Zonas ubicadas en los sectores de piedemonte	En la zona alta del cantón (en promedio sobre los 3300 msnm), concentradas principalmente en las parroquias de Mulaló, Pastocalle y Toacaso	Conforman vertientes cóncavas, convexas e irregulares con pendientes moderadamente escarpadas que varían entre 25-50%		Cubren el 20,05% del área total del cantón, lo que significa 27.771,30 hectáreas
Relieves de cimas agudas	Estribaciones del cerro Putzalagua en Belisario Quevedo, los llinizas en la parroquia de Toacaso y el volcán Cotopaxi en Mulaló	Pendientes escarpadas entre 50-70% de inclinación, con desniveles que oscilan entre 300-500 m		Cubren en total una extensión de 8528,13 hectáreas, que representan el 6,16% del cantón

UNIDAD	UBICACIÓN	CARACTERÍSTICAS DE INCLINACIÓN	FORMACIÓN	SUPERFICIE QUE ABARCA (%)
Acantilados o encañonados profundos de ciertas quebradas	En las altas estribaciones de las cordilleras central y occidental	Pendientes escarpadas o abruptas que superan el 70%		Cubren 5164,83 hectáreas que representan el 3,73% del territorio cantonal

Fuente: Ref. 14

La Tabla 2-9 muestra que el cantón Latacunga es una zona volcánica, siendo el volcán Cotopaxi el de principal aporte a las características del suelo; además, se tiene pendientes de toda índole que están debajo del 5% y sobre el 70% de inclinación. El valle interandino es el que ocupa la mayor parte del área cantonal con el 39% aproximadamente (relieve entre el 0 y 5%).

2.3.3.2 Tipo y calidad de los suelos

El sistema aplicado en los mapas de suelos del Ecuador (1984, por el proyecto MAG-ORSTOM a escala 1:50000) se basa en el sistema norteamericano *Soil Taxonomy*, que sigue principalmente la morfología de los suelos, descrita en términos de sus horizontes. Este sistema utiliza cuatro categorías de clasificación, desde el nivel más general hasta el más específico, que son las siguientes:

- Orden: permite agrupar los suelos de acuerdo a los procesos de formación indicados por la presencia o ausencia de horizontes diagnóstico.
- Suborden: indica una homogeneidad genética, es una subdivisión de los órdenes de acuerdo a la presencia o ausencia de propiedades asociadas con la humedad del suelo, material de partida dominante y efectos de la vegetación.
- Gran grupo: subdivisiones de los subórdenes de acuerdo con la clase y disposición de los horizontes, temperatura y humedad del suelo; además, presencia o ausencia de capas diagnóstico.
- Serie: son los suelos de cada subgrupo diferenciados por la clase y disposición de los horizontes, color, textura, consistencia o reacción de los horizontes, sus propiedades químicas y mineralógicas (Ref. 14).

En el cantón Latacunga se encuentran más de 70 clases de suelos que, de acuerdo a la clasificación del gran grupo, se distribuyen en los porcentajes presentados en la Tabla 2-10.

Tabla 2-10: Tipos de usos de suelo del cantón Latacunga

ORDEN	SUBORDEN	GRAN GRUPO	PORCENTAJE QUE OCUPA EN EL CANTÓN
Entisoles	Fluents	Ustifluents	1,36
	Orthents	Orthents	0,17
		Troorthents	1,7
		Ustorthents	3,68
	Psamments	Torripsamments	0,97
		Udipsamments	0,12
Ustipsamments		2,28	
Histosoles	Hemits	Tropohemits	1,04
Inceptisoles	Andepts	Dryandepts	16,86
		Durandepts	3,53
		Dystrandepts	23,38
		Eutrandepts	5,15
		Hydrandepts	0,22
		Vitrandepts	18,63
	Aquepts	Andaquepts	1,1
Mollisoles	Udolls	Arquidolls	1,96
	Ustolls	Durustolls	1,66
		Haplustolls	1,1
Nieve			1,22
Roca			0,12
Sin suelo			10,78
Urbano			0,12
TOTAL			100

Fuente: Ref. 14

La mayor parte de los suelos del cantón son del orden Inceptisoles, y de estos predominan los del suborden Andepts que se caracterizan por contener materiales parentales volcánicos.

Entre los que ocupan mayor porcentaje en el cantón Latacunga, dentro del gran grupo, están: Dryandepts, Dystrandeps y Vitrandeps; que entre los tres suman aproximadamente el 60% del total. Los suelos que son de tipo Vitrandeps poseen gran cantidad de carbón orgánico y bajo contenido de bases, aunque no son particularmente ácidos.

2.3.4 USOS DE SUELO

2.3.4.1 Suelo rural

El área rural es la comprendida entre los perímetros de la zona urbana y los límites geográficos del Municipio de Latacunga que limitan con los municipios vecinos. Forman parte de esta categoría los terrenos no aptos para el uso urbano, por razones de oportunidad o por su destino a usos agrícolas, ganaderos, forestales, de explotación de recursos naturales y actividades similares.

El suelo rural representa el 97% del área total del municipio, que suma 134.330 hectáreas, y está constituido por el suelo que no forma parte del área urbana o de las zonas de expansión, dentro del cual se ubican asentamientos humanos dispersos o pueblos (Ver Figura 2-5).

El cantón Latacunga dedica gran parte del territorio a la actividad agrícola (incluyendo cultivos bajo invernadero –en su mayoría flores y en menor proporción hortalizas–) desde las cotas más bajas del cantón hasta los 3700 m de altura aproximadamente. Estos terrenos se caracterizan por tener pendientes bajas a medias, en donde están involucradas las parroquias de Latacunga, Belisario Quevedo, Guaytacama, 11 de Noviembre, Poaló, Tanicuchi y Toacaso.

La actividad pecuaria también es característica del área rural, en donde la producción de leche y la elaboración de productos lácteos son las dos principales ramificaciones de esta actividad. Los centros ganaderos se encuentran principalmente en el centro del cantón, en las jurisdicciones de las parroquias Joseguango Bajo, Guaytacama, Belisario Quevedo, Mulaló y Tanicuchi, las cuales albergan grandes extensiones de pastos que forman parte de las tradicionales haciendas que existen en la zona.

La mayoría de las actividades industriales que se desarrollan en el cantón se ubican en el área rural. Es el caso de una gran cantidad de florícolas y, en menor cantidad, de industrias, como: madereras, siderúrgicas, lecheras, procesadoras de alimentos (principalmente frutas y verduras), textiles, procesadoras de carne, así como también varias estaciones de servicio y talleres mecánicos que influyen directamente sobre la contaminación del río Cutuchi, objeto del presente estudio.

2.3.4.2 Suelo urbano

El suelo urbano o urbanizable comprende el área de territorio que recibe o está preparado para recibir asentamientos humanos y que ha perdido completamente su capacidad de retornar a ser área natural.

La mayor cantidad de área urbanizada está en la ciudad de Latacunga, pues esta representa alrededor del 81% de la urbe total que habita en el cantón, ocupando un 19% de su área total.

En esta área se ubican los barrios residenciales, zonas mixtas (residencial y de comercio) y principalmente el área donde se desarrolla la mayor cantidad de actividades comerciales, como, por ejemplo, ferias libres de ropa, artesanías, comida, frutas y verduras; así también, aquí están los terminales, tanto el terrestre como aéreo, que favorecen al desarrollo de este sector. Es el espacio donde se agrupa la mayor cantidad de población.

El suelo urbano comprende el área donde existen asentamientos humanos, por lo que cada parroquia rural tiene un determinado número de hectáreas urbanas, las cuales son parte de este tipo de suelo.

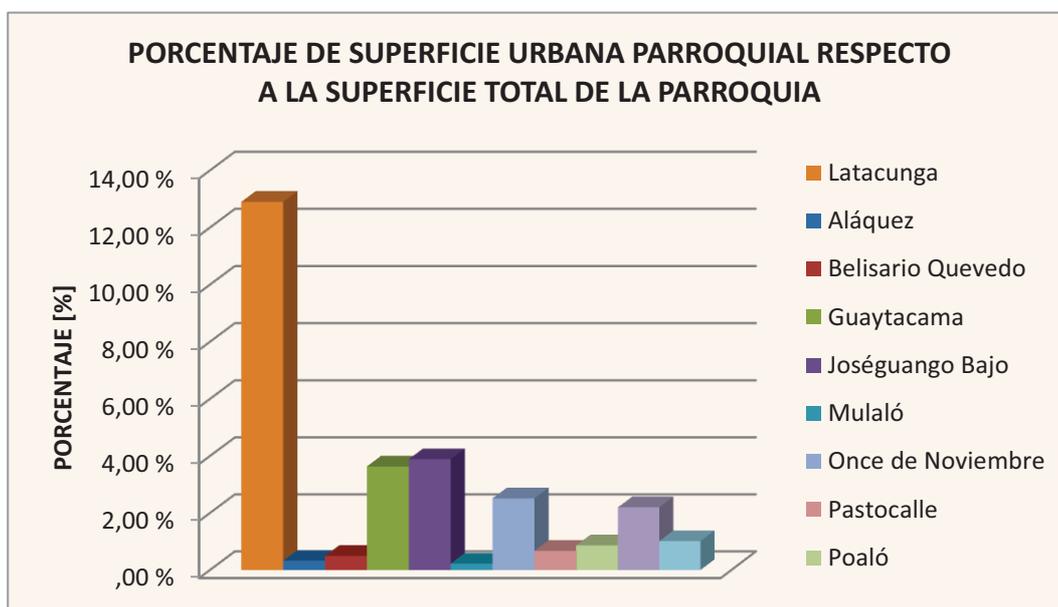
En el área urbana, como principales industrias que influyen en la calidad del río Cutuchi, están las industrias harineras, el camal de Latacunga y, en número algo más elevado si se compara con la parte rural, las estaciones de servicio, talleres mecánicos y lavadoras de autos.

Figura 2-5: Representación gráfica de la superficie de las parroquias del cantón Latacunga



Elaborado por: Molina B. y Gavilánez J.

Figura 2-6: Representación gráfica del porcentaje de la superficie urbana parroquial del cantón Latacunga



Elaborado por: Molina B. y Gavilánez J.

Por el área que ocupa cada una de las parroquias pertenecientes al cantón Latacunga, la parroquia Mulaló es la más grande, con un área de aproximadamente 44.000 ha, que representa el 31,65% del territorio cantonal; la

segunda parroquia más grande es Latacunga, con un área de aproximadamente 27.000 ha, lo que representa el 19,11% del área total del cantón. Mientras que las dos parroquias más pequeñas en cuanto a territorio son: Joséguango Bajo y 11 de Noviembre, con áreas de 1.750 y 920 hectáreas que representan el 1,26% y 0,66% respectivamente del área total cantonal (Ver Figura 2-6).

En cuanto al área que ocupa la zona urbana de cada parroquia, la que cuenta con mayor territorio, y por lo tanto, con mayor porcentaje, es Latacunga con aproximadamente 3,416 ha, que representa un porcentaje de 80,81% del total de área urbana del cantón; la segunda parroquia con mayor área urbana es Toacaso, con una superficie de 185 ha, lo cual representa un porcentaje de 4,38% del área total del territorio urbano del cantón. Además, las dos parroquias más pequeñas en cuanto a territorio son Belisario Quevedo y Joséguango Bajo, con áreas de aproximadamente 25.000 ha y 23.000 ha, que representan el 0,59% y 0,55% respectivamente de la superficie urbana total cantonal.

En la comparación realizada de la superficie urbana parroquial respecto a la superficie total de cada parroquia, Latacunga y Joseguango Bajo son las parroquias con mayor porcentaje respecto a esta comparación con 12,9% y 3,9% respectivamente.

2.3.4.3 Área de diferentes usos

En las ciudades se distinguen numerosas funciones, aunque unas dominan sobre otras, permitiendo así establecer varias tipologías de funciones principales, como son la residencial, comercial, industrial y mixta.

La zonificación es la distribución sobre el plano de la ciudad de las diferentes superficies en función del destino que se le va a dar, ejemplo de la diferenciación entre superficies construidas para ser destinadas a viviendas, industria, comercio, parques, áreas deportivas y recreativas, o aquellas otras dedicadas a zonas verdes.

2.3.4.3.1 Zonas residenciales

Las zonas residenciales son aquellas donde habitan los ciudadanos; estas son las áreas que más espacio urbano ocupan, aunque se distinguen zonificaciones

espontáneas mediante desplazamiento de la zona residencial fuera del barrio central. Es común que las zonas residenciales sean zonificadas según clases sociales, y así se observan distintas comunidades agrupadas según la situación social o nivel económico.

2.3.4.3.2 *Zonas comerciales*

A la zona comercial se la puede considerar como la más típicamente urbana. El pequeño comercio existe en todas las ciudades, aunque puede expresarse a distancia en aquellas poblaciones con capacidades para favorecer el comercio local, nacional e internacional.

Las intersecciones y proximidades de vías de comunicación, sean ferroviarias o por carretera, han sido el origen del asentamiento y desarrollo de importantes núcleos comerciales.

Los usos comerciales y actividades del sector terciario se localizan principalmente en la zona central, es decir, el sector La Matriz, en especial de los de tamaño mediano o menor. Además, existe una fuerte tendencia de ubicación de los usos comerciales mayores a lo largo del eje de la vía Panamericana.

2.3.4.3.3 *Zonas industriales*

La zona industrial se distribuye ampliamente por la ciudad, y aunque no suele tener la esencia urbana del comercio, muchas zonas industriales se identifican por algún tipo o rama de industria asentada en sus límites. En el cantón se diferencia los tipos de industrias, de acuerdo a la especialización que estas posean; por ejemplo, ciudades textiles, metalúrgicas, mineras, navales, automovilísticas, electrónicas, etc., y otras muchas producciones industriales ampliamente diversificadas.

Las zonas industriales se asientan, por lo general, en las áreas periféricas de la ciudad, en terrenos de bajo precio pero con facilidad de acceso al núcleo urbano.

2.3.4.3.4 *Zonas mixtas*

Las zonas mixtas son aquellas en las que sus principales actividades se dedican a diferentes aprovechamientos, combinando el residencial con algún tipo de

pequeño comercio. Deben ser compatibles con los usos y destinos del suelo según los programas de desarrollo urbano. En el Anexo 2 se presenta la superficie por uso de suelo en el cantón Latacunga.

Figura 2-7: Superficie de los usos de suelo en el cantón Latacunga



Elaborado por: Molina B. y Gaviláñez J.

Las categorías designadas para el uso de suelo en el cantón Latacunga ocupan un porcentaje de 3,1% con respecto al área total del cantón, siendo la zona residencial la que mayor porcentaje posee del total de usos de suelo, con un 80%; mientras que la zona comercial presenta el menor porcentaje, con un 4%; y, por último, las zonas industriales y comerciales presentan un 8% cada una dentro del total de área del uso de suelo del cantón (Ver Figura 2-7).

En el Anexo 2 se presenta el plano de la ciudad de Latacunga con los principales usos de suelo que existe en la zona urbana.

2.3.5 USO Y OCUPACIÓN DEL SUELO EN EL TERRITORIO URBANO

Para el análisis del uso y ocupación del suelo en el territorio urbano de la parroquia de Latacunga se registran las superficies que ocupan las diferentes categorías de acuerdo a los registros catastrales.

Figura 2-8: Superficie de los usos de suelo en el territorio urbano Latacunga



Elaborado por: Molina B. y Gaviláñez J.

En el territorio urbano de la ciudad de Latacunga, en cuanto a la ocupación de los diferentes usos de suelo, de acuerdo al análisis realizado, las categorías con mayor superficie dentro del territorio son la 'residencial ocupacional' y la 'residencial con vacantes', con un porcentaje de aproximadamente 40% y 30% respectivamente (Ver Figura 2-8).

Por similar análisis realizado, se identifica una importante área agrícola dentro del área urbana de Latacunga que alcanza 164 hectáreas, que se localiza en la zona norte de las parroquias Eloy Alfaro y San Buenaventura. Se sitúan a lo largo de la vía Panamericana. También se detecta un área significativa de este tipo de uso en el lado suroccidental de la parroquia Eloy Alfaro (Ref. 14).

2.4 ASPECTOS BIÓTICOS

2.4.1 FLORA

Existen características bioclimáticas que confinan dos tipos de regiones. En la zona baja, correspondiente a la parte urbana, está la Estepa Espinosa Montano Bajo, y hacia las cotas más altas del este y oeste, el Bosque Seco Montano Bajo.

La Estepa Espinosa Montano Bajo, tiene llanuras y barrancos, se encuentra entre las cotas 2000 y 3000 msnm en el corredor andino, mantiene pendientes variadas, es una zona donde aflora la cangagua y posee zonas erosionadas. El Bosque Seco Montano Bajo está entre las cotas 2200 y 3000 msnm; sin embargo, en algunos lugares puede llegar hasta los 3200 msnm (Ref. 14).

La vegetación dominante son los matorrales, y la mayor parte está reforestada con *Eucalyptus globulus*, *Acacia dealbatay* guarango *Caesalpinia tinctoria*. En los lugares erosivos, existe aretillo *Azorella pedunculata*, cola de caballo *Ephedra americana*, pino *Pinus radiata*, cabuya negra (pencos) *Agave americana* y cactus *Opuntia tunicata* (Ref. 14).

La mayor parte de la zona de bosques se está reduciendo considerablemente puesto que, en general, la expansión agrícola, lotizaciones y urbanizaciones para viviendas van acaparando el uso del suelo.

2.4.2 FAUNA

En las zonas que están intervenidas por los habitantes del cantón Latacunga, se localizan lagartijas de la familia Gymnophthidae y ranas Dendrobátidas entre otras. Además es común, por la presencia de cultivos, encontrar raposas *Didelphys pernirra* y ratones del género *Microryzomys* (Ref. 14).

En la parte poco intervenida antrópicamente, es decir, zonas dedicadas a la agricultura y lugares con bosques y vegetación primaria o secundaria, se encuentran colibríes Trochilidae, que son bastante comunes en los Andes, así como tórtolas, mirlos, quindes, zarigüeyas y pájaros rojos. La deforestación originada por la urbanización o por la ampliación de zonas agrícolas puede haber degradado su hábitat natural, por tanto, no son observados con facilidad (Ref. 14).

El fenómeno de declinación global que está relacionado directamente con la pérdida y el deterioro de las condiciones ambientales de los hábitats de especies, como los anfibios, han ocasionado su escasa presencia en esta zona y en muchos lugares del mundo (Ref. 14).

En las zonas suburbanas y en especial en las zonas rurales se observa la presencia de ganado vacuno, ovino, porcino y en menor grado aves de corral, conejos y cuyes; además, el pastoreo en estas zonas es muy común (Ref. 14).

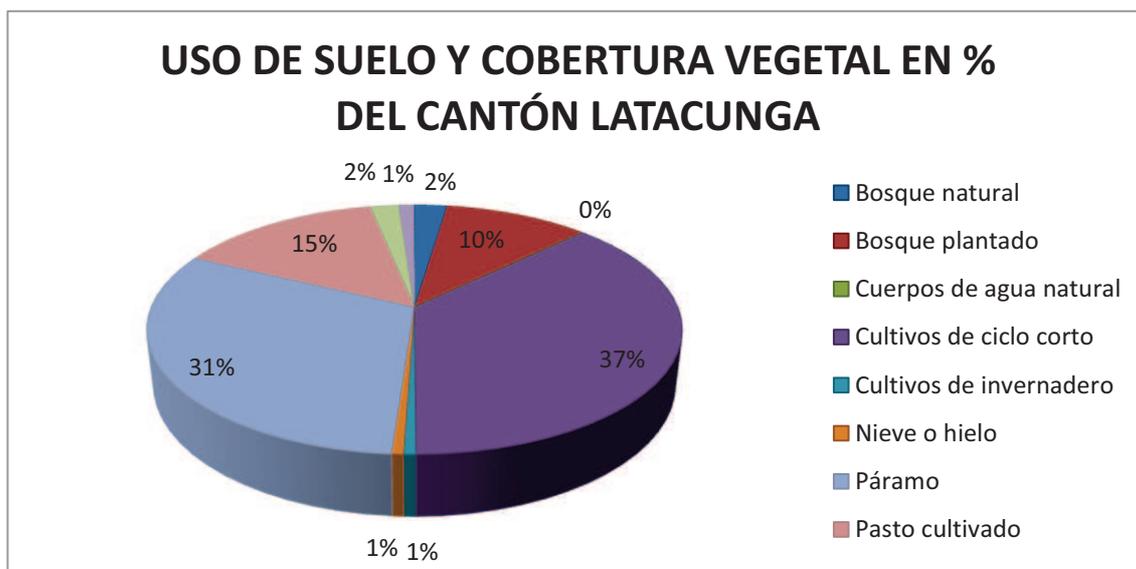
Para la calidad biológica de los cursos hídricos no se dispone de información secundaria, sin embargo, por la información de calidad físico-química del agua, originada por las descargas, tanto industriales como residuales domésticas, se presume que la presencia de ictiofauna (peces) y macroinvertebrados es pobre (Ref. 14).

2.4.3 COBERTURA VEGETAL

2.4.3.1 Uso de suelo y cobertura vegetal en el cantón Latacunga

De acuerdo a la cobertura vegetal y formas de uso humano del suelo, se identifican las siguientes categorías generales en el cantón Latacunga (Ver Figura 2-9).

Figura 2-9: Uso de suelo y cobertura vegetal en el cantón Latacunga 2010



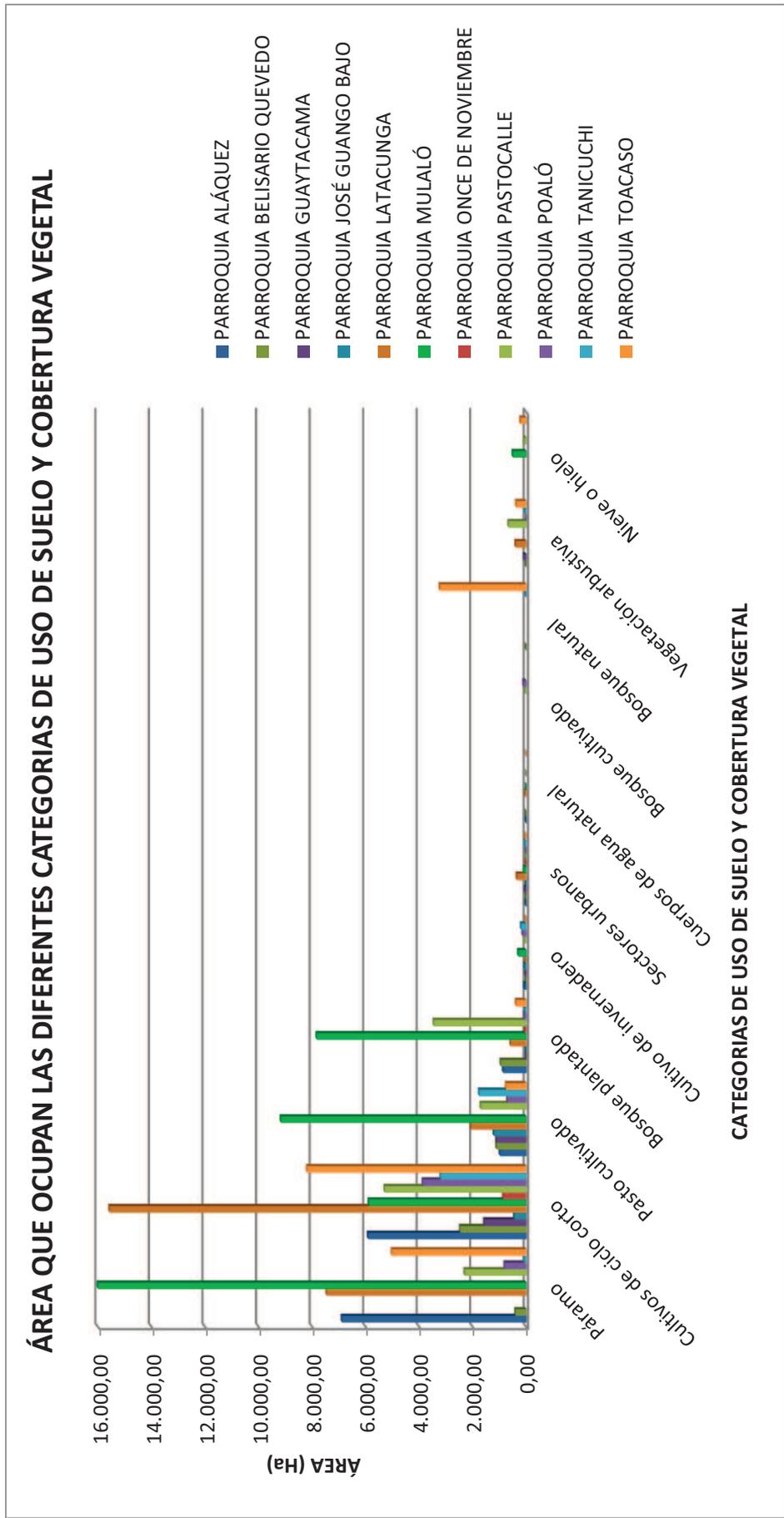
Elaborado por: Molina B. y Gaviláñez J.

A nivel cantonal, las categorías que presentan una mayor área con respecto al uso de suelo y cobertura vegetal son los cultivos de ciclo corto y la cobertura vegetal de páramo, con un 37% y un 31 % respectivamente del total del área cantonal; además, los cultivos de invernadero y la cobertura con nieve o hielo son las categorías que presentan menor área con respecto al uso de suelo y cobertura vegetal, siendo estas un 0,65% y 0,57% respectivamente del total de área cantonal (Ref. 14).

ALÁQUEZ	BELISARIO QUEVEDO		GUAYTACAMA		JOSEGUANGO BAJO		LATACUNGA		MULALÓ		11 DE NOVIEMBRE		PASTOCALLE		POALÓ		TANICUCHI	
	% que ocupa en el cantón	Área (ha)	% que ocupa en el cantón	Área (ha)	% que ocupa en el cantón	Área (ha)	% que ocupa en el cantón	Área (ha)	% que ocupa en el cantón	Área (ha)	% que ocupa en el cantón	Área (ha)	% que ocupa en el cantón	Área (ha)	% que ocupa en el cantón	Área (ha)	% que ocupa en el cantón	Área (ha)
394,89	46,73	406,25	8,14				7.461,61	28,17	20.072,29	45,78			2.303,83	16,89	805,60	14,14	80,22	1,48
113,25	40,08	2.471,44	49,50	1.568,60	55,19	450,38	15.569,11	58,78	5.890,57	13,43	860,21	93,44	5.299,14	38,84	3.864,65	67,84	3.203,93	59,28
32,27	6,66	1.111,18	22,25	1.111,63	39,11	1.210,22	2.062,16	7,79	9.171,64	20,92			1.697,70	12,44	704,72	12,37	1.761,07	32,59
54,34	5,86	958,22	19,19	7,32	0,26	10,77	582,81	2,20	7.831,99	17,86	51,03	5,54	3.459,61	25,36	70,56	1,24	50,76	0,94
2,11	0,49	12,18	0,24	29,67	1,04	69,08	26,55	0,10	297,98	0,68			75,56	0,55	133,69	2,35	193,89	3,59
0,41	0,14	9,35	0,19	41,69	1,47	7,85	351,42	1,33	82,07	0,19	9,34	1,01	9,38	0,07	15,68	0,28	49,50	0,92
7,89	0,05	9,35	0,19				39,86	0,15	1,06	0,00			0,72	0,01				
													56,62	0,42	101,63	1,78		
		7,11	0,14														16,98	0,31
		8,09	0,16	83,30	2,93		393,68	1,49					662,33	4,85	0,13	0,00	48,19	0,89
									501,54	1,14			77,48	0,57				
7755,16	100,00	4.993,17	100,00	2.842,21	100,00	1.748,30	26.487,20	100,00	43.849,14	100,00	920,58	100,00	13.642,37	100,00	5.696,66	100,00	5.404,54	100,00

Fuente: Ref. 14

Figura 2-10: Cantidad de hectáreas que representan las categorías de uso de suelo y cobertura vegetal por cada parroquia perteneciente al cantón Latacunga



Elaborado por: Molina B. y Gavián J.

En una comparación realizada del uso y la cobertura vegetal entre las parroquias rurales y la asociación de las parroquias urbanas, como la parroquia Latacunga del cantón del mismo nombre (Ver Figura 2-10), se muestra que:

- En la categoría de páramos, las parroquias con un área mayor a 6500 ha son: Mulaló, Latacunga y Aláquez, en orden descendente de acuerdo a la mayor cantidad de área.
- Para la categoría de cultivos de ciclo corto, las parroquias con un área mayor a 5500 ha con este tipo de cultivos son: Latacunga, Aláquez y Mulaló, en orden descendente de acuerdo a la mayor cantidad de área.
- En cuanto a la categoría de pastos cultivados, las parroquias con un área mayor a 2000 ha con este uso de suelo son: Mulaló y Latacunga, en orden descendente de acuerdo a la parroquia que tiene mayor área.
- Con respecto a la categoría de bosques plantados, las parroquias con un área mayor a 3000 ha con este tipo de bosques son: Mulaló y Pastocalle, en orden descendente de acuerdo a la parroquia que tiene este tipo de bosque en su área.
- Para el resto de categorías de uso y cobertura vegetal, las áreas que comprenden estas categorías no son significativas, por el área respecto a su territorio o debido a que no presentan este tipo de coberturas, con excepción de la parroquia Toacaso que en su territorio presenta más de 3000 ha de bosque natural.

La parroquia de Mulaló es la parroquia rural que mayor área presenta en gran parte de las categorías, debido a que es la parroquia con mayor área dentro del cantón Latacunga, por ende, posee mayor cantidad de usos y coberturas vegetales dentro de su territorio.

En una relación del área que ocupan las categorías de uso y cobertura vegetal con el área total de cada una de las parroquias pertenecientes al cantón Latacunga, se muestran los siguientes datos estadísticos:

- Para la cobertura vegetal perteneciente a páramo, las parroquias con un porcentaje mayor al 40% de su área total son: Aláquez y Mulaló.

- Para el uso de suelo con cultivos de ciclo corto, las parroquias con un porcentaje mayor a 60% de su área total son: 11 de Noviembre y Poaló.
- Con respecto al uso de suelo con pastos cultivados, la parroquia con un porcentaje mayor a 65% de su área total es Joseguango Bajo.
- Con una cobertura vegetal de bosque plantado, las parroquias con un porcentaje mayor a 15% de su área total son: Pastocalle, Belisario Quevedo y Mulaló.
- Para el resto de categorías de uso y cobertura vegetal, las áreas que comprenden estas categorías no son significativas, por el área respecto a su territorio o debido a que no presentan este tipo de coberturas, con excepción de la parroquia Toacaso que en su territorio presenta más de 15% de su área total de bosque natural.

En el Anexo 2 se presenta el mapa del uso de suelo del cantón Latacunga.

2.4.3.2 Cobertura vegetal en la ciudad de Latacunga

La cobertura vegetal alrededor de la zona urbana se resume en la Tabla 2-12:

Tabla 2-12: Cobertura vegetal alrededor de la zona urbana del cantón Latacunga

ZONA	COBERTURA VEGETAL
Zona Norte y flancos del río Cutuchi	Caracterizada por la presencia de pastos y, en menor proporción, lugares donde existen árboles de eucalipto, pencos y plantas.
Sur	Donde termina la zona urbanizada e intervenida se caracteriza por un predominio de cultivos de maíz, asociado al cultivo de fréjol y a la habilla; también existe presencia de campos de cebada y/o chocho.
Oriente	Se mantienen los tipos de cultivos indicados en la zona sur complementados con formaciones heterogéneas herbáceas-arbustivas como plantas, pencos y sigsales.
Occidental	Fuera de la parte urbanizada, se encuentran formaciones herbáceas y arbustivas muy abiertas, lo más notable de estas formaciones son el pasto, pencos y plantas.

Fuente: Ref. 14

De acuerdo a los datos presentados en la Tabla 2-12, en la zona urbana o en zonas donde han sido intervenidas, no existe mayor diversidad de vegetación, llegando en muchos casos a presentarse como vegetación únicamente los cultivos que realizan las personas que habitan esos lugares. En la zona de los

flancos del río Cutuchi, que atraviesa gran parte de la ciudad, se presenta una extensa área con un gran porcentaje de pasto, pencos y plantas, la cual, por estar dentro de la zona urbana, no es aprovechada adecuadamente.

2.4.3.3 Patrimonio natural y otras áreas de protección

2.4.3.3.1 Reserva Ecológica Los Ilinizas

“Fue creada el 2 de Diciembre de 1996, con una superficie de 134.235 hectáreas, de las cuales 8000 hectáreas, que representan el 5,95%, están dentro del cantón Latacunga en las parroquias de Pastocalle, Tanicuchí y Toacaso.

La reserva está localizada entre los 800 y 5265 msnm. La temperatura es de 0°C en la zona alta, y alcanza un máximo de 24°C en la zona baja con precipitaciones de entre 1000 y 2000 mm. Está ubicada entre las provincias de Pichincha y Cotopaxi y abarca, entre otras áreas, los páramos occidentales de los cerros Ilinizas y Corazón. Al pie de los volcanes Ilinizas se encuentra un Refugio de Vida Silvestre, que aún conserva importantes extensiones de asociaciones vegetales, donde todavía es posible encontrar fauna silvestre.” (GAD Municipal Latacunga. (2010). Situaciones Socio-Cultural, Político-Insititucional, Ambiental y Económica del Cantón Latacunga. Latacunga).

2.4.3.3.2 Parque Nacional Cotopaxi

“Fue creado el 11 de Agosto de 1975, con una superficie de 32.255 hectáreas. Posee clima frío alto andino con temperaturas que varían entre los 0 y 15°C y precipitaciones anuales de 500 a 1500 mm. Los ríos y vertientes que nacen dentro de la Reserva son la fuente para el abastecimiento de agua potable y riego para Machachi, Quito, Latacunga y la región oriental del país. El Parque cubre los páramos de la parroquia Mulaló, protegiendo 9.752 hectáreas, que representan el 30,23% de la superficie de esta área protegida.” (GAD Municipal Latacunga. (2010). Situaciones Socio-Cultural, Político-Insititucional, Ambiental y Económica del Cantón Latacunga. Latacunga).

2.4.3.3.3 *Área Nacional de Recreación El Boliche*

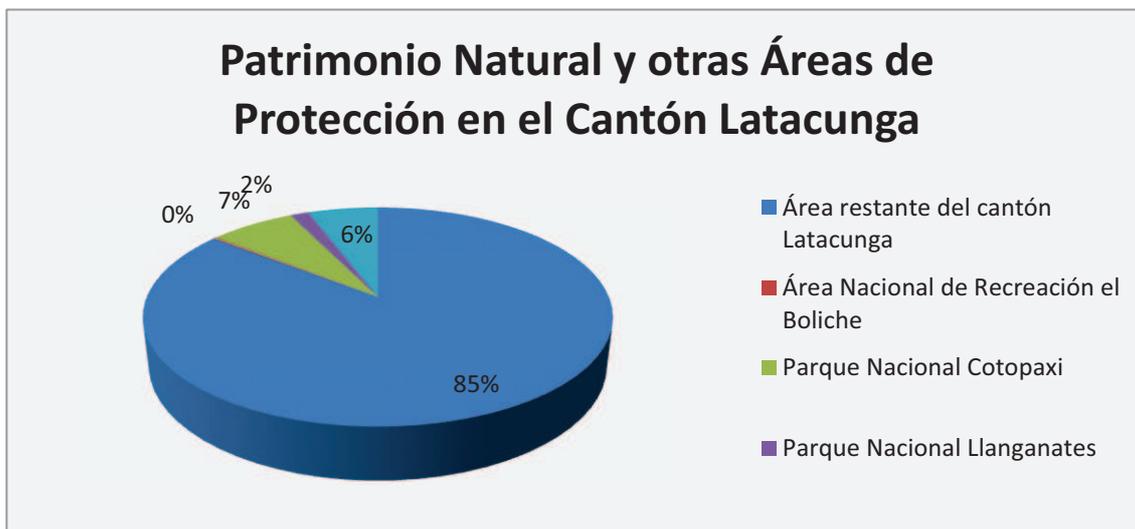
“Fue creada mediante acuerdo ministerial del 26 de julio de 1979. Está ubicada en los límites de las provincias de Cotopaxi y Pichincha y tiene una superficie total de 392 hectáreas, de las cuales 276,8 hectáreas, que representan el 70,6 %, están dentro del cantón Latacunga en la parroquia de Mulaló.

El Boliche se caracteriza por su estratégica ubicación, cercana a varios centros poblados. Su factor escénico, la inmensa masa boscosa, su ambiente natural, la flora y fauna nativa, la geología e infraestructura existente, hacen de esta unidad de conservación un importante atractivo turístico. En este lugar se desarrollan proyectos de manejo de venados, alpacas y llamas, que se basan en objetivos fundamentales como proteger y fomentar especies en peligro de extinción, cumplir actividades de educación ambiental e investigación básica.” (GAD Municipal Latacunga. (2010). Situaciones Socio-Cultural, Político-Insitucional, Ambiental y Económica del Cantón Latacunga. Latacunga).

2.4.3.3.4 *Parque Nacional Llanganates*

“Fue creado el 18 de enero de 1.996 con una extensión de 221.144 hectáreas y cubre una parte de las provincias de Tungurahua, Cotopaxi, Napo y Pastaza, abarcando un rango altitudinal entre los 1.200 y 4.571 metros sobre el nivel del mar. Dentro del cantón Latacunga se encuentran únicamente 2.079 hectáreas que protegen una porción de los páramos de la parroquia del mismo nombre.” (Ver Figura 2-11) (GAD Municipal Latacunga. (2010). Situaciones Socio-Cultural, Político-Insitucional, Ambiental y Económica del Cantón Latacunga. Latacunga).

Figura 2-11: Porcentaje del área que ocupa el patrimonio natural y otras áreas de protección en el cantón Latacunga



Elaborado por: Molina B. y Gaviláñez J.

El área total ocupada dentro del cantón Latacunga por patrimonio natural y áreas de protección es alrededor de 20.111 ha, lo que representa un porcentaje de 14,5% con respecto al área total del cantón Latacunga.

El Parque Nacional Cotopaxi es el patrimonio natural que ocupa mayor área dentro del cantón con 9.750 hectáreas, que representan un 7% del área total del cantón Latacunga; mientras que la menor área de protección dentro del cantón es el Área Recreacional El Boliche con 277 hectáreas, que representan un 0,2% del área total del cantón.

2.5 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

El desarrollo económico del cantón Latacunga ha sido muy limitado al no generar mayor crecimiento de empleo y peor aún de riqueza, que muestra una tendencia de crecimiento de la pobreza por una mala distribución de la riqueza, lo cual no permite en la actualidad alcanzar las metas del buen vivir.

Los sectores que estructuran el sistema económico han dado lugar a la presencia de colegios técnicos en el área rural, dinamizando la generación de nuevas fuentes de empleo, a lo que se ha sumado la existencia de un recurso humano

con un alto grado de responsabilidad, que augura llegar en el mediano plazo a la consecución del desarrollo económico sustentable del territorio.

La ubicación geográfica del cantón es otro factor que aporta para llegar al objetivo pues le permite, además, ser una fuente generadora de intercambio de productos agropecuarios y proveedor de materias primas y productos terminados para el sector industrial y agro-exportador. Otro factor que apoyaría el desarrollo sostenible del cantón es el impulso que el Gobierno Nacional está brindando al proyecto del eje vial Manta-Manaos, pues la ubicación geográfica antes referida promovería la generación de nuevas fuentes de empleo.

La calidad de los suelos y la producción han permitido que el cantón tenga una vocación agrícola-ganadera constituyéndose a nivel nacional como el granero del área central del país, lo que a su vez ha incorporado un proceso de industrialización –especialmente de productos lácteos y últimamente de exportación de brócoli y flores con la consiguiente generación de empleo–. La tendencia sería la búsqueda de los excedentes de estos procesos de desarrollo que queden dentro del territorio y sirvan para fomentar y apoyar otro tipo de actividades, tanto económicas como productivas, lo cual conllevaría a un mejor desarrollo y bienestar de sus habitantes (Ref. 14).

2.5.1 COMPONENTES ECONÓMICOS

En el cantón Latacunga, a pesar de los problemas políticos que ha soportado el país en las últimas décadas, en estos años varios factores han permitido una mejora, notándose progreso. En el caso del nivel de desempleo, por ejemplo, la tendencia no se ha incrementado gracias a la inversión que han realizado las florícolas dentro del cantón, tomando en cuenta que la población tiende a aumentar con el tiempo. Asimismo, la industria manufacturera ha ayudado a atenuar la crisis económica del país de décadas anteriores, empleando mano de obra local, tecnificando y mejorando la calidad de la mano de obra especializada, y otras acciones.

2.5.2 POBLACIÓN, EMPLEO Y POBREZA

La tasa de crecimiento poblacional en el periodo de 1950 al 2001 es, en promedio, del 1,47%, lo cual muestra un estancamiento, dada la migración influenciada por la cercanía de ciudades importantes como Quito, Guayaquil y Ambato.

En la década de los años sesenta se crean dos nuevos cantones: La Maná y Sigchos, que registran las mayores tasas de crecimiento poblacional anual, 8,77% y 2,51%, respectivamente (en los 39 años del período intercensal); esto se da principalmente por su ubicación geográfica, pues en las estribaciones de la cordillera occidental el clima es costanero, ligado al desarrollo de movilidad de la vía Latacunga-Quevedo. Asimismo, en la representación poblacional a nivel provincial, en el cantón La Maná, para el año 2010 llega al 10,29%, en contraste al 0,78% que tenía en 1962. Tendencia invertida por ejemplo para el cantón Pujilí, estancado debido a la elevada población rural y la migración.

En el caso del cantón Latacunga, su ubicación geográfica le trae beneficios en proyectos nacionales, como la ampliación de la Panamericana de Quito a Ambato y el proyecto Manta-Manaos, que promoverá el desarrollo de las distintas urbes, con un impacto acentuado sobre el cantón Latacunga.

El factor migratorio ha sido una constante en el cantón Latacunga, una evidencia de esto es que para el año 1950 Latacunga, como capital provincial, concentraba el 44,3% de la población provincial, mientras que para el 2001 concentraba el 41,1%. Asimismo, la migración del sector urbano al rural es notoria; en el mismo periodo, la población crece a un promedio anual del 1,33%, donde la población urbana tiene una tasa anual del 3,43% y la rural tiene una tasa del 0,61%.

Entre las parroquias urbanas existen cuatro categorías en la dinámica de crecimiento:

1. Alta dinámica: Ignacio Flores, con una tasa anual del 5,9%;
2. Dinámica Media: Eloy Alfaro y Juan Montalvo, con el 3,4% y 2,24% respectivamente;
3. Baja Dinámica: La Matriz, con el 1,44%; y,

4. Dinámica Negativa: San Buenaventura con el -6,66%; es decir, se ha producido un fenómeno de “vaciamiento” del área.

Entre las parroquias rurales y para el largo plazo, la de 11 de Noviembre decrece al 0,5% anual; Aláquez y Toacaso crecen a una media anual del 0,2%, y Mulaló lo hace al 0,04%; es decir, el estancamiento es evidente.

Sin embargo, en el mediano plazo (1990-2001), todas las parroquias rurales –con excepción de Aláquez– observan crecimientos poblacionales dinamizados por el desarrollo de las plantaciones de brócoli y de flores; en especial, Pastocalle, Tanicuchí, Poaló y Mulaló.

2.5.3 LA POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA (PEA)

La Población Económicamente Activa (PEA) tiene dos componentes: los ocupados y los desocupados. Las cifras oficiales señalan que, en promedio, la desocupación alcanza al 1,4% de la PEA, que se puede considerar como una tasa bastante baja.

A partir de los 12 años, las personas pueden desempeñar actividades de cualquier índole, remuneradas o no, en cuyo caso permite la segmentación de esta población en activa e inactiva respectivamente. Para el caso del cantón Latacunga, en promedio, alrededor del 73,5% está en la población que puede realizar actividades, remuneradas o no; el resto son niños menores a 12 años (Ver Tabla 2-13).

De este promedio del 73,5%, el 36,3% realiza actividades económicas o remuneradas y se la considera Económicamente Activa, el resto de la población realiza actividades no remuneradas o no-económicas, aun cuando (como en el caso de los quehaceres domésticos, que cubre el 33,4% de la población mayor de 12 años) son actividades de sostenimiento fundamental de la PEA. El otro componente importante de las personas inactivas corresponde a los estudiantes, que representa el 13,4%. Se puede concluir que, por cada persona ocupada económicamente, el cantón Latacunga tiene 11,77 cargas inactivas (Ref. 14).

Tabla 2-13: Población de 12 años y más, según tipo de actividad (Periodo 1950-2001)

AÑO	TOTAL GENERAL	ACTIVA			INACTIVA			NO DECLARADO
		TOTAL	OCUPADO	DESOCUPADO	TOTAL	QQ. DD.	ESTUDIANTE	
1950	73.379	28.947			44.432			
1962	51.095	25.994	24.825	1169	25.101	21.148	3282	671
1974	70.296	32.625	31.857	758	37.671	28.296	8626	446
1982	80.660	36.763	35.697	1066	43.897	27.832	13.938	468
1990	86.538	44.130	42.976	1154	42.408	25.600	14.126	589
2001	102.711	58.317	57.210	1107	44.394	23.752	16.470	1009

Fuente: Ref. 14

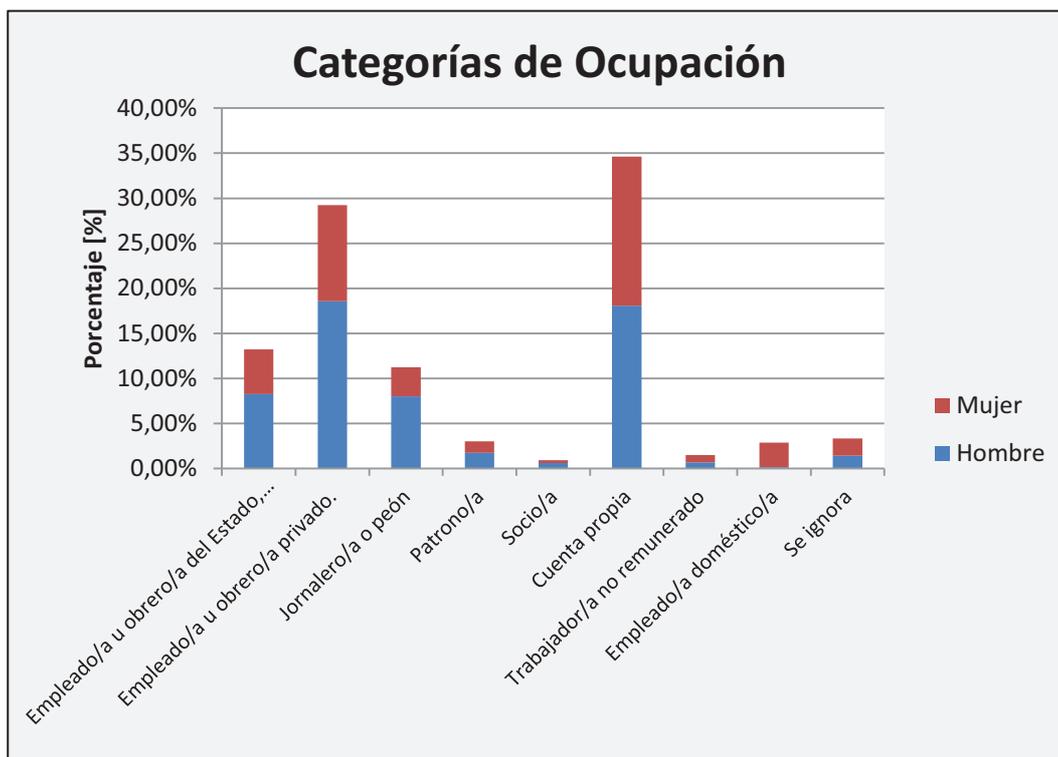
Como se muestra en la Tabla 2-13, en el periodo de 1950 a 2001, la población activa para el año 2001 se ha incrementado en más de la mitad respecto al año 1950, mientras que la población inactiva básicamente se ha mantenido constante en alrededor de 44.400 personas. Esto evidencia el crecimiento de la población a lo largo de los años y su nexo a la población activa dentro del cantón Latacunga. Un dato importante es el incremento sustancial del número de estudiantes que están considerados inactivos dentro del periodo de análisis.

2.5.4 CATEGORÍAS DE OCUPACIÓN

La generación de empleo por cuenta propia es el sector más importante a nivel cantonal; sin embargo, en el cantón Latacunga bajó su participación desde el 49,8% en 1962 a 37,2% en el 2001. Por otro lado, subió la categoría del empleo bajo dependencia del 39,6% al 42,4% en el mismo período (Ver Figura 2-12).

Otro aspecto importante del es el crecimiento de la categoría “Patrono o Socio Activo”, que del 0,9% en 1962 pasa al 8,3% en el 2001, con lo que se hace evidente la formación de una base social de emprendimiento. En cambio, la empresa familiar declina muy levemente su crecimiento, pues el empleo baja del 7,9% al 6,2% en el mismo periodo de análisis (Ref. 14).

Figura 2-12: Categorías de ocupación en el cantón Latacunga



Elaborado por: Molina B. y Gaviláñez J.

Tabla 2-14: Categorías de ocupación en el cantón Latacunga en el 2010

CATEGORÍA	SEXO		TOTAL
	HOMBRE	MUJER	
Empleado/a u obrero/a del Estado, Gobierno, Municipio	5987	3586	9573
Empleado/a u obrero/a privado	13.424	7717	21.141
Jornalero/a o peón	5803	2325	8128
Patrono/a	1254	928	2182
Socio/a	437	238	675
Cuenta propia	13.075	11.966	25.041
Trabajador/a no remunerado/a	503	573	1076
Empleado/a doméstico/a	119	1972	2091
No declarado	1043	1383	2426
Trabajador/a nuevo/a	929	808	1737

Fuente: Ref. 14

Un elemento que explica la situación descrita es que: mientras la población mayor de 12 años crece a una tasa media del 1,88%, la PEA lo hace al 2,02%; es decir, son tasas casi equivalentes, con el agregado de que el 97,2% de la población

activa está ocupada, lo que muestra de manera fehaciente que el índice de desempleo es muy bajo en este cantón, por lo que se debe centrar los esfuerzos en la distribución de la riqueza que genera este nivel de ocupación de la población (Ver Tabla 2-14) (Ref. 14).

2.5.5 GRUPOS DE OCUPACIÓN Y ACTIVIDADES ECONÓMICAS

La ocupación de la mano de obra en las principales ramas de actividad económica del cantón Latacunga responde a la estructuración de la economía local; si bien, las actividades como la agricultura, ganadería y silvicultura han disminuido su aporte –de 64,7% en 1962 baja al 33,66% en el 2010–, otras ramas como el comercio crecen a un promedio anual del 5,67%, el transporte y comunicaciones a un ritmo del 4,56% y la del sector de la construcción al 3,91% (Ver Tabla 2-15).

Sin embargo, actividades como los servicios representan el 6,35% de la ocupación, y sostienen un crecimiento anual del 3,66% en el plazo analizado. Otra rama importante es el comercio y el turismo, que captan el 16,2% de la ocupación y su crecimiento anual es del 5,67%. La manufactura es una tercera rama que representa el 11% del empleo y su crecimiento anual es del 1,89%.

La construcción, si bien todavía significa el 9% del empleo, su crecimiento anual es del 3,91%. Este es un sector que no ha logrado consolidarse por la poca inversión que existe en nuevos planes de vivienda o en mejoras de estas; no hay una política clara que permita a la población acceder a créditos blandos, con apertura por parte de las entidades financieras, tanto públicas como privadas (Ref. 14).

Tabla 2-15: Grupos de ocupación y principales actividades económicas

OCUPACIÓN	POBLACIÓN [%]	CRECIMIENTO ANUAL [%]
Agricultura, ganadería y silvicultura	23%	33,66%
Servicios	6,35%	3,66%
Comercio y el turismo	16,20%	5,67%
Manufactura	11%	1,89%
Construcción	9%	3,91%

OCUPACIÓN	POBLACIÓN [%]	CRECIMIENTO ANUAL [%]
Transporte y comunicaciones	8,67%	4,56%

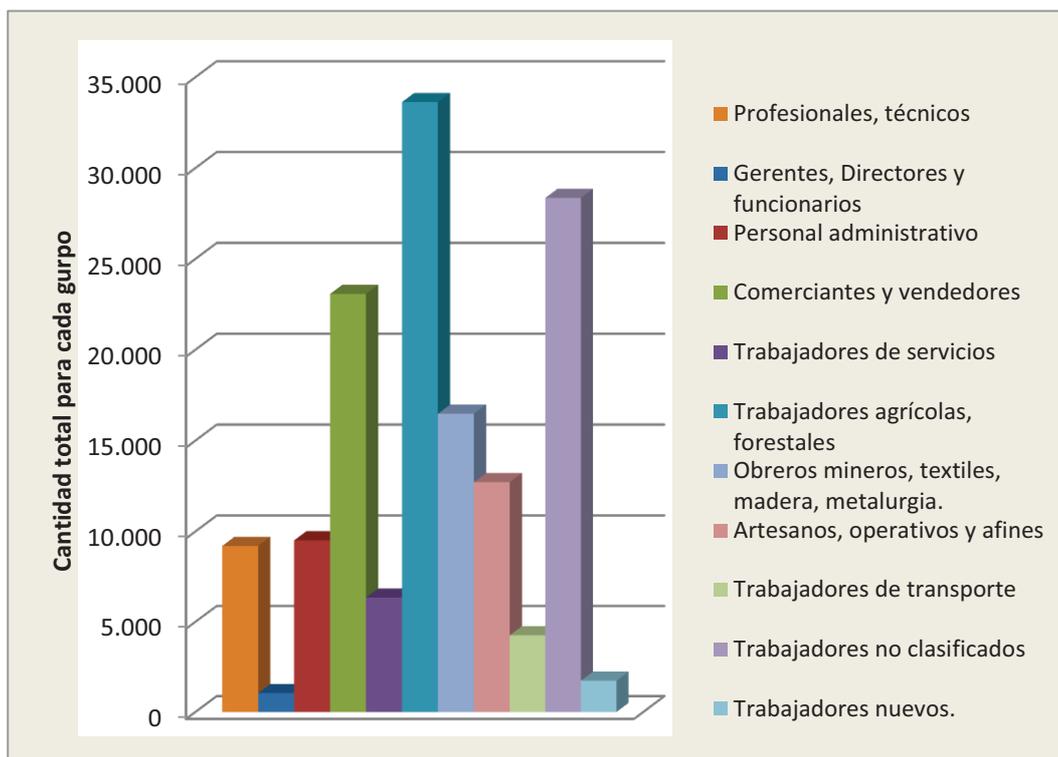
Fuente: Ref. 14

Se debe tomar en cuenta que en un análisis de los sectores y sus actividades, es prioritario el análisis de género; es decir, en qué sector de ocupación las mujeres tienen ubicadas sus principales actividades de participación y por qué no han logrado aún ubicarse en sectores donde sus actividades podrían demostrar una gran capacidad de contribución al aparato económico del cantón.

Se debe señalar que la enseñanza, que comúnmente es un sector en el que la población femenina tiene gran cantidad de participación, para el caso del cantón Latacunga la participación es mínima; porque la formación del núcleo familiar relega a las mujeres a la atención de los quehaceres del hogar, y en los sectores rurales al trabajo en el campo.

Otro de los factores importantes a mencionar es la inclusión de la población femenina en las actividades de índole político, en las que se nota una alta participación, ya sea en grupos mayoritarios como minoritarios.

Figura 2-13: Número de personas por grupo de ocupación al año 2010



Elaborado por: Molina B. y Gaviláñez J.

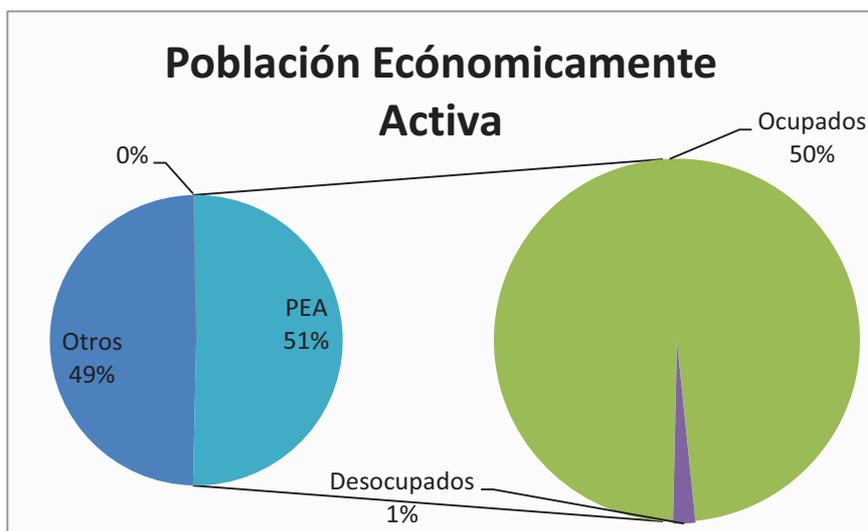
Para el año 2010, los grupos con mayor cantidad de personas son los trabajadores agrícolas, forestales y los trabajadores calificados, los cuales, en los 39 años de análisis para el primer caso, han llegado a duplicar este número de personas; mientras que para el segundo grupo de ocupación, este valor se ha incrementado siete veces su valor inicial. Mientras que los dos grupos de ocupación con el menor número de personas en el año 2010 son los gerentes, directores y funcionarios, y los trabajadores nuevos que a lo largo del período analizado, en todos los años son los grupos de menor representatividad. (Ref. 14)

2.5.6 EMPLEO, DESEMPLEO E INFORMALIDAD

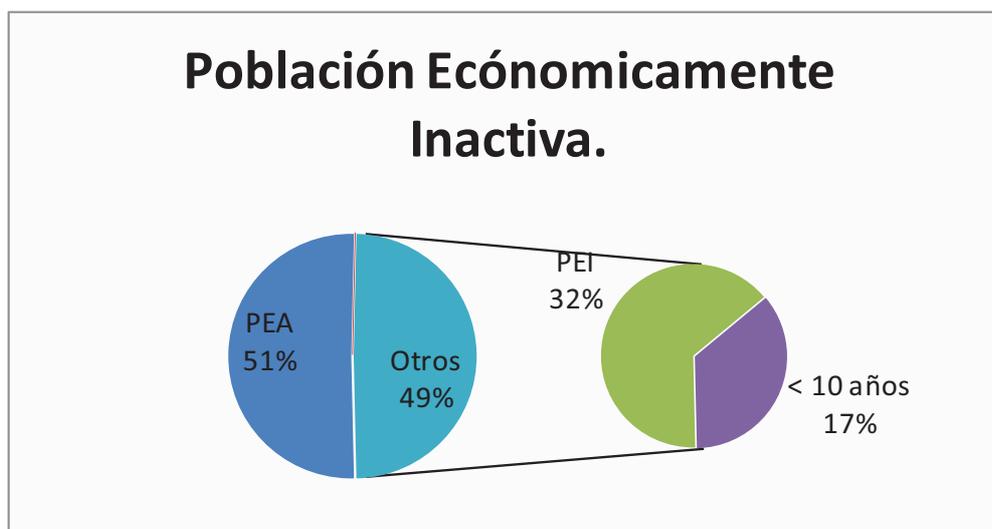
Los datos del censo del año 2010 de la población del cantón Latacunga, relacionado con el aumento de la población del 2001, indican que la ciudad tiene un alto índice de crecimiento, lo que se explica por la alta migración que se ha producido, principalmente desde los sectores occidentales de la provincia e inclusive nacional, que se ha asentado especialmente en parroquias con alta demanda de mano de obra para florícolas.

De la población total, el 50,7% constituye la Población Económicamente Activa (PEA) –dividido en 49,7% como ocupados y 1,0% en calidad de desocupados–. Mientras que del resto de la población, es decir, del 49,3%, el 17,6% es la población de menos de 10 años y el 31,7% constituye la Población Económicamente Inactiva (PEI), que son todas las personas de 10 años y más que no pertenecen a la fuerza de trabajo, ya que por diferentes motivos no pueden incorporarse a la realización de alguna actividad, especialmente remunerada, y está compuesta por: amas de casa, estudiantes, jubilados, pensionados, rentistas, reclusos e incapacitados permanentemente (Ref. 14). (Ver Figura 2-14 y Figura 2-15).

Figura 2-14: Población económicamente activa en el cantón Latacunga



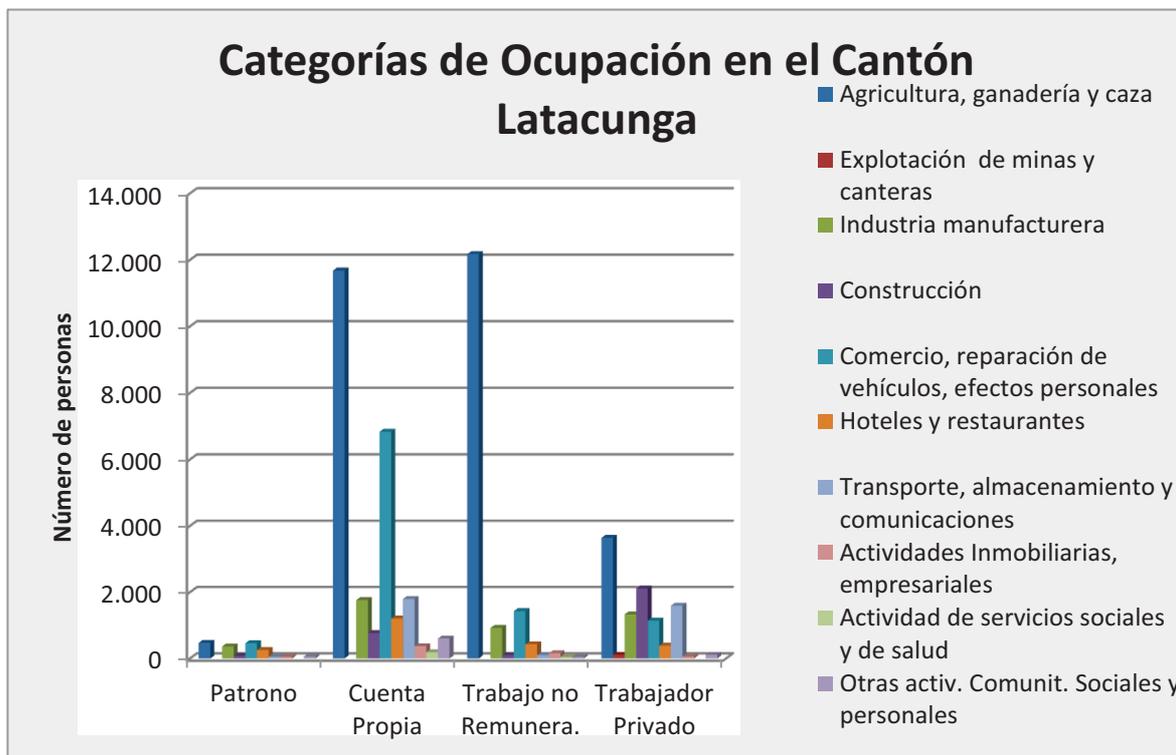
Elaborado por: Molina B. y Gavilánez J.

Figura 2-15: Población económicamente inactiva en el cantón Latacunga

Elaborado por: Molina B. y Gaviláñez J.

Sin embargo, de acuerdo al INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos), se desagrega la PEA en cuatro segmentos de ocupación y uno de desempleo; y además, bajo rigor legal, el servicio doméstico debe considerarse como empleo de carácter formal. Entonces el 34,3% de la población tiene empleo formal, el 59,8% trabaja bajo la modalidad de subempleo o informalidad; y hay un 4,07% de población que tiene ocupaciones no clasificadas (Ref. 14).

Figura 2-16: Categorías de Ocupación en el cantón Latacunga para población informal



Elaborado por: Molina B. y Gaviláñez J.

De acuerdo a la ocupación en el área urbana de la población informal, las categorías con mayor influencia son las de cuenta propia y trabajador privado, en las cuales las ramas de actividad que predominan estas categorías son la agricultura, ganadería y caza en la primera, y el transporte, almacenamiento y comunicaciones en la segunda categoría.

En la ocupación del área rural de la población informal, las categorías que prevalecen son las mismas que en la urbana, con la diferencia de que la actividad que predomina en estas dos categorías son la agricultura, ganadería y caza; siendo un factor justificable debido a que el sector rural posee la mayor cantidad de superficie de terreno en el cantón.

Para la ocupación de la población informal en el cantón Latacunga, de manera general, o sea en un análisis de la unión de las áreas rural y urbana, las categorías que predominan obviamente son las de cuenta propia y trabajador privado, en las cuales las ramas que imperan estas categorías son la agricultura,

ganadería y caza para estas dos condiciones, destacándose también el comercio, reparación de vehículos, venta de artículos personales, en la primera categoría, y la construcción en la segunda categoría (Ver Figura 2-16).

2.5.6.1 Pobreza

Como índice general, y en el caso particular ecuatoriano, el SIISE (Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador), para el análisis provincial, construyó dos IPH (Índice de Pobreza Humana) que resultan alternativos y que se diferencian entre sí sobre la base de dos premisas fundamentales:

- a) El primero denominado IPH (a), utiliza como indicador principal el acceso a servicios de salud, en el que el porcentaje de partos sin atención profesional es el principal componente de análisis, y
- b) El IPH (b), que toma en cuenta el porcentaje de embarazos sin control prenatal, que del mismo modo está supeditado a la disponibilidad de información a nivel provincial (en vez del porcentaje de niños menores de cinco años con peso insuficiente, se usó el porcentaje de infantes con bajo peso al nacer).

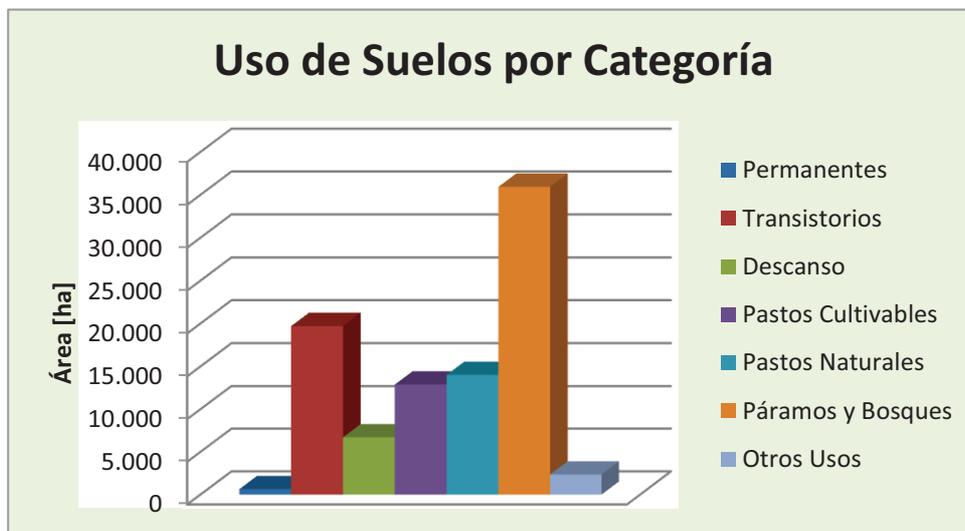
Del análisis se obtuvo que la afectación en cuanto a niveles de pobreza para la provincia de Cotopaxi respecto al IPH (a) es de 24,3 y el IHP (b) es de 18,8.

De acuerdo al análisis de los índices, se indica que pese al crecimiento económico que ha experimentado la provincia, el reparto de la riqueza no ha sido equitativo; se puede considerar que muchos de los ingresos generados han salido a otros territorios, producto de la falta de políticas que incentiven la inversión local y que permitan a los industriales tener el suficiente soporte jurídico y económico para el desarrollo de sus actividades (Ref. 14).

2.5.7 ACTIVIDAD AGRO-PRODUCTIVA

En el cantón Latacunga, 39.939 hectáreas están destinadas a la producción agropecuaria, las 20.344 hectáreas requieren de la acción constante del hombre para desarrollar cultivos de carácter permanente y transitorio (Ver Figura 2-17).

Figura 2-17: Representación del Uso de Suelos por categoría del cantón Latacunga



Elaborado por: Molina B. y Gavilánez J.

En el cantón Latacunga la mayoría de su territorio son páramos y bosques, representando la mayor cantidad de hectáreas como uso de suelos; la segunda categoría más importante dentro del cantón son los cultivos transitorios (Ver Tabla 2-16).

Tabla 2-16: Principales cultivos transitorios en el cantón Latacunga

CULTIVOS TRANSITORIOS	SUPERFICIE [HA]
Cebada	1.539
Chocho	857
Fréjol seco	2.223
Haba seca	196
Haba tierna	502
Maíz choclo	1.918
Maíz suave seco	6.014
Papa	2.720
Total	15.969

Fuente: Ref. 14

2.5.8 PRODUCCIÓN PECUARIA

En la producción y aprovechamiento de ganado mayor, el cantón Latacunga tiene la más alta disponibilidad de ganado vacuno y porcino; mientras que el ganado

menor es el más representativo en cantidad, mas no en valores económicos. Para conocer acerca del número de producción del cantón véase la Tabla 2-17.

Tabla 2-17: Producción pecuaria en el cantón Latacunga

GANADO	CANTIDAD
Ganado Mayor	139.087
Bovino	58.430
Porcino	39.891
Ovino	31.772
Caprino	1.498
Equinos	6.312
Alpacas y llamas	1.184
Ganado menor	177.904
Conejos	32.697
Cuyes	145.207
Aves	569.175
Gallinas / Pollos	105.290
Gallinas / Pollos (Planta)	462.263
Patos	415
Pavos	1.207

Fuente: Ref. 14

CAPITULO III

3 PROBLEMÁTICA DE LA CONTAMINACIÓN DEL RÍO CUTUCHI

3.1 MARCO LEGAL

En el Ecuador existe un sistema legislativo, donde se encuentra un importante número de disposiciones, desde la Constitución de la República del Ecuador hasta ordenanzas y reglamentos y otros compendios de normas de gestión ambiental que enmarcan a este proyecto.

3.1.1 CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR

Reconocida como la Carta Magna, es un sistema de normas, reglas y principios jurídicos universales que rige la organización y funcionamiento del Estado y de la sociedad ecuatoriana, publicada en el Registro Oficial No. 449 del 20 de octubre de 2008.

Título I PRINCIPIOS FUNDAMENTALES:

Art. 1.- Forma de Estado y Gobierno.- “El Ecuador es un Estado Constitucional de Derechos y Justicia Social.

... Los recursos naturales no renovables del territorio del Estado pertenecen a su patrimonio inalienable, irrenunciable e imprescriptible”.

Art. 3.- Deberes del Estado: “Son deberes primordiales del Estado:

1.- Garantizar sin discriminación alguna el efectivo goce de los derechos establecidos en la Constitución y en los instrumentos internacionales, en particular la educación, la salud, la alimentación, la seguridad social y el agua para sus habitantes.

6. Promover el desarrollo equitativo y solidario de todo el territorio...;

7. Proteger el patrimonio natural y cultural del país.”

Título II DERECHOS

Capítulo I

Principios de aplicación de los derechos:

Art. 10 Párrafo Segundo: “La naturaleza será sujeto de aquellos derechos que le reconozca la Constitución.”

Capítulo II

Derechos del buen vivir

Sección Primera Agua y alimentación

Sección Segunda Ambiente sano

Art. 14.- “Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay.

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.”

Art. 15.- “El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto.

La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

Se prohíbe el desarrollo, producción, tenencia, comercialización, importación, transporte, almacenamiento y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, de contaminantes orgánicos persistentes altamente tóxicos, agroquímicos internacionalmente prohibidos, y nocivos y organismos genéticamente modificados perjudiciales para la salud humana que atenten contra la soberanía alimentaria o los ecosistemas, así como la introducción de residuos nucleares y desechos tóxicos al territorio nacional.”

Capítulo Sexto

Derechos de libertad

Art. 66.- Se reconoce y garantizará a las personas:

Numeral 27.- “El derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza.”

Capítulo séptimo

Derechos de la naturaleza

Art. 71.- “La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos.

Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar estos derechos se observaran los principios establecidos en la Constitución, en lo que proceda.

El Estado incentivará a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema.”

Art. 72.- “La naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados.

En los casos de impacto ambiental grave o permanente, incluidos los ocasionados por la explotación de los recursos naturales no renovables, el Estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará las medidas adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas.”

Art. 73.- “El Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales.

Se prohíbe la introducción de organismos y material orgánico e inorgánico que puedan alterar de manera definitiva el patrimonio genético nacional.”

Art. 74.- “Las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades tendrán derecho a beneficiarse del ambiente y de las riquezas naturales que les permitan el buen vivir.

Los servicios ambientales no serán susceptibles de apropiación; su producción, prestación, uso y aprovechamiento serán regulados por el Estado.”

Capítulo Noveno

Responsabilidades

Art. 83.- Son deberes y responsabilidades de las ecuatorianas y los ecuatorianos, sin perjuicio de otros previstos en la Constitución y la ley:

Numeral 6.- “Respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible.”

Art. 83.- Son deberes y responsabilidades de las ecuatorianas y los ecuatorianos, sin perjuicio de otros previstos en la Constitución y la ley:

Numeral 6.- “Respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible.”

Art. 66.- Se reconoce y garantizará a las personas:

Numeral 27.- “El derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza” (Ref. 6).

3.1.2 CÓDIGO ORGÁNICO DE ORGANIZACIÓN TERRITORIAL, AUTONOMÍA Y DESCENTRALIZACIÓN (COOTAD)

Artículo 4.- “Fines de los gobiernos autónomos descentralizados.- Dentro de sus respectivas circunscripciones territoriales son fines de los gobiernos autónomos descentralizados: ...

d) La recuperación y conservación de la naturaleza y el mantenimiento de un ambiente sostenible y sustentable;”

Artículo 55.- “Competencias exclusivas del gobierno autónomo descentralizado municipal. Los gobiernos autónomos descentralizados municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley:

- b) Ejercer el control sobre el uso y ocupación del suelo en el cantón;
- d) Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley;”

Artículo 65.- “Competencias exclusivas del gobierno autónomo descentralizado parroquial rural.- Los gobiernos autónomos descentralizados parroquiales rurales ejercerán las siguientes competencias exclusivas, sin perjuicio de otras que se determinen:

- d) Incentivar el desarrollo de actividades productivas comunitarias, la preservación de la biodiversidad y la protección del ambiente;”

Artículo 136.- “Ejercicio de las competencias de gestión ambiental.- De acuerdo con lo dispuesto en la Constitución, el ejercicio de la tutela estatal sobre el ambiente y la corresponsabilidad de la ciudadanía en su preservación, se articulará a través de un sistema nacional descentralizado de gestión ambiental, que tendrá a su cargo la defensoría del ambiente y la naturaleza a través de la gestión concurrente y subsidiaria de las competencias de este sector, con sujeción a las políticas, regulaciones técnicas y control de la autoridad ambiental nacional, de conformidad con lo dispuesto en la ley.

Para otorgar licencias ambientales, los gobiernos autónomos descentralizados municipales podrán calificarse como autoridades ambientales de aplicación responsable en su cantón. En los cantones en los que el gobierno autónomo descentralizado municipal no se haya calificado, esta facultad le corresponderá al gobierno provincial.

Los gobiernos autónomos descentralizados municipales establecerán, en forma progresiva, sistemas de gestión integral de desechos, a fin de eliminar los vertidos contaminantes en ríos, lagos, lagunas, quebradas, esteros o mar, aguas

residuales provenientes de redes de alcantarillado, público o privado, así como eliminar el vertido en redes de alcantarillado.”

3.1.3 TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN AMBIENTAL SECUNDARIA (TULSMA)

Se expide el Texto Unificado de Legislación Ambiental, mediante Decreto Ejecutivo 3516, publicado en el Registro Oficial No. 2, del 31 de marzo de 2003; cuyo contenido es el siguiente:

- Título Preliminar: De las Políticas Básicas Ambientales del Ecuador.
- Libro I: De la Autoridad Ambiental.
- Libro II: De la Gestión Ambiental.
- Libro III: Del Régimen Forestal.
- Libro IV: De la Biodiversidad.
- Libro V: De los Recursos Costeros.
- Libro VI: De la Calidad Ambiental.
- Libro VII: Del Régimen Especial: Galápagos.
- Libro VIII: Del Instituto para el Ecodesarrollo Regional Amazónico ECORAE.
- Libro IX: Del Sistema de Derechos o Tasas por los Servicios que Presta el Ministerio del Ambiente y por el Uso y Aprovechamiento de Bienes Nacionales que se Encuentran Bajo su Cargo y Protección.

En el artículo 3 del Libro VI, Título I, se faculta a la Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable a que lidere y coordine “... el proceso de evaluación de impactos ambientales, su aprobación y licenciamiento ambiental dentro del ámbito de sus competencias.”

Igualmente, en dicho Título, en su artículo 12, en el inciso b, se establece “La determinación de la AAAR dentro de un proceso de evaluación de impactos ambientales será diferente a lo dispuesto en los artículos precedentes en los siguientes casos y/o circunstancias específicos:

El licenciamiento ambiental corresponde a la autoridad ambiental nacional, la cual se convertirá en estos casos en AAAR que coordinará con las demás autoridades de aplicación involucradas, para:

a)...

b) actividades o proyectos propuestos cuyo promotor sería la misma autoridad ambiental de aplicación, excepto que esta sea un municipio, caso en el cual el licenciamiento ambiental corresponderá al respectivo Consejo Provincial siempre y cuando el Consejo Provincial tenga en aplicación un sub-sistema de evaluación de impacto ambiental acreditado, caso contrario la autoridad líder se determinará de acuerdo a lo establecido en el artículo anterior; y, ..." (Ref. 37).

3.1.4 ORDENANZAS

Son instrumentos normativos conocidos, discutidos y aprobados por el cuerpo legislativo municipal. En este caso se aplican las ordenanzas vigentes dictadas por el Ilustre Concejo Cantonal de Latacunga, que se detallan a continuación:

- Ordenanza de Gestión Ambiental para el GADM-Cantón Latacunga, se viene desarrollando a través de una Consultoría para el periodo julio-septiembre del 2011.
- Ordenanza de Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2012-2028 del Cantón Latacunga-enero del 2012.
- Ordenanza para la Prevención y Control de la Contaminación por Desechos Industriales, Florícolas y de Servicios en el Cantón Latacunga-septiembre de 1997 y octubre de 1998.
- Ordenanza para el Manejo y Control Ambiental de las Floricultoras en el Cantón Latacunga- agosto de 1997 y abril de 1998 (Ref. 14).

3.2 JUSTIFICACIÓN PARA EL USO DE FACTORES EN LA CONVERSIÓN DE DBO_5 A DBO_U

El uso de un factor de conversión de DBO_5 a DBO_U , en el presente trabajo es imprescindible debido a que en la mayoría de las industrias no se cuenta con datos específicos o valores de la DBO última (demanda bioquímica de oxígeno a

los 20 días) que hayan sido monitoreados en campo, por lo que se hace necesario la justificación del uso de dos factores de conversión:

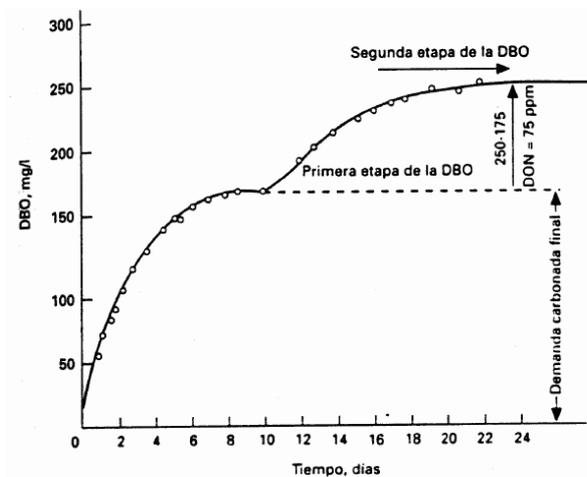
- el primer factor de conversión es utilizado para el cálculo de la DBOu de las aguas residuales domésticas y,
- el segundo factor de conversión es utilizado para el cálculo de la DBOu de las aguas residuales industriales.

De acuerdo a la bibliografía revisada, en la relación de $DBO_5/DBOu$ los valores se encuentran entre el intervalo de 0,45-0,68 (Ref. 21), por lo cual para el uso del mejor valor se toman los valores límite de este intervalo según la interpretación que se realiza a continuación de las curvas de la concentración de DBO vs el tiempo de degradación de esta, tanto para aguas residuales domésticas como para aguas residuales industriales.

3.2.1 PARA AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS

Las aguas residuales domésticas contienen desechos humanos y caseros. También se incluye la infiltración de aguas subterráneas. Estas aguas residuales son típicas de las zonas residenciales en las que no se efectúan operaciones industriales, o solo en una pequeña cantidad; por lo cual este tipo de aguas contienen una gran cantidad de componentes orgánicos. A continuación, se muestra una curva típica de este tipo de aguas, en la cual se observa la variación temporal que presenta la concentración de la DBO.

Figura 3-1: Variación temporal de la concentración de la DBO en función del tiempo para aguas residuales domésticas



Fuente: Ref. 4

3.2.2 PARA AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

Las industrias se clasifican en cinco grupos según sus vertidos:

- Industrias con efluentes principalmente orgánicos: papeleras, azucareras, mataderos, curtidos, conserveras, lecherías y subproductos, fermentaciones, preparación de productos alimenticios, bebidas y lavanderías.
- Industrias con efluentes orgánicos e inorgánicos: refinerías y petroquímicas, coquerías, químicas y textiles.
- Industrias con efluentes principalmente inorgánicos: químicas, limpieza y recubrimiento de metales, explotaciones mineras y salinas.
- Industrias con efluentes con materias en suspensión: lavaderos de mineral y carbón, corte y pulido de mármol y otros minerales, laminación en caliente y colada continua.
- Industrias con efluentes de refrigeración: centrales térmicas y centrales nucleares.

El vertido de aguas residuales, según el proceso productivo, será continuo, con una entrada y salida constante de aguas, procesos de transporte, refrigeración, etc., o discontinuo, de menor caudal pero mucho más contaminado.

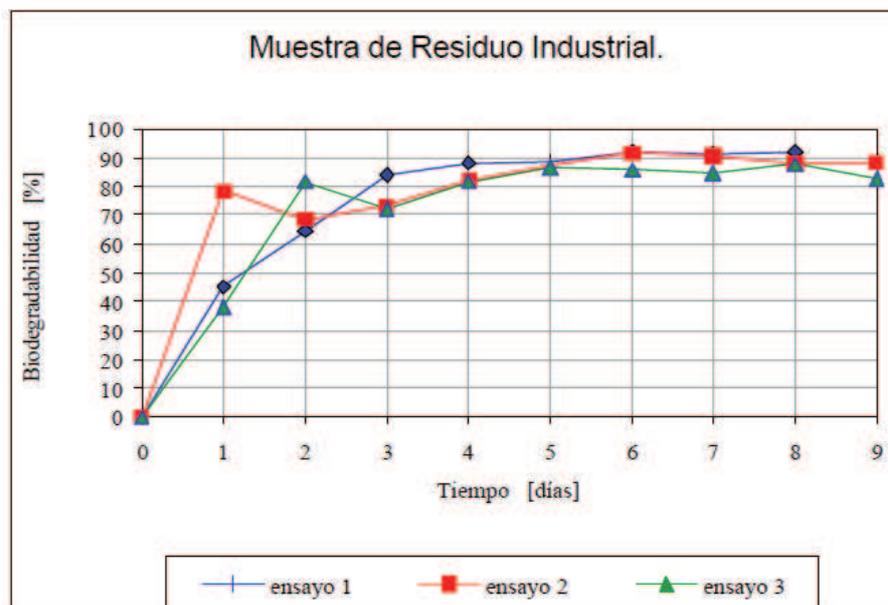
Cada tipo de actividad industrial, según el proceso, vierte un agua residual caracterizada por una contaminación tipo determinada. De modo general se conocen los parámetros característicos de cada una de ellas, pero es precisa su determinación detallada para valorar su tratamiento y posterior incidencia en el medio receptor.

En resumen, las contaminaciones básicas, según el tipo de industria, son:

- Industria lechera: concentración de materia orgánica.
- Industria petroquímica: concentración de materia orgánica, aceites, fenoles, amoniaco y sulfuros.
- Industria del curtido: alcalinidad, concentración de materia orgánica, materia en suspensión, materia decantable, sulfuros y cromo.
- Industria papelera: color, concentración de materia orgánica, materia en suspensión y materia decantable y pH.
- Industrias de lavado de mineral: concentración de productos tóxicos empleados, sólidos en suspensión y sedimentables.
- Industria de acabado de metales: pH, concentración de cianuros y metales pesados.
- Industria siderúrgica: concentración de materia orgánica, fenoles, alquitranes, cianuros libres y complejos, sulfuros, materias en suspensión, hierro, aceites, grasas y pH.
- Industria de laminación en caliente: concentración de aceites, grasas y sólidos en suspensión.
- Plantas de ácido sulfúrico: concentración de ácidos, sólidos sedimentables, arsénico, selenio y mercurio (Ref. 36).

A continuación se muestran curvas de este tipo de aguas de diferentes industrias, en las cuales se observa la variación temporal que presenta la concentración de la DBO.

Figura 3-2: Variación temporal de la concentración de la DBO en función del tiempo, para aguas residuales de una industria química



Fuente: Ref. 3

Por las curvas mostradas en la Figura 3-1 y Figura 3-2, se puede apreciar que en la Figura 3-1, la diferencia entre la concentración de la DBO a los cinco días y la DBO a los 20 días, es mayor que la misma diferencia mostrada en la Figura 3-2; por lo tanto, para aguas residuales en las cuales su principal composición es producto de la materia orgánica, se usa el factor de conversión de 0,45 en el cálculo de DBO₅ a DBO_u, mientras que para aguas residuales en las cuales su principal composición es por materia inorgánica, se usa el factor de conversión de 0,68 en el mismo cálculo.

3.3 AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales provienen de la combinación de líquidos y/o aguas portadoras de residuos procedentes de residencias, entidades públicas, de centros comerciales e industriales, a las que, eventualmente, pueden agregarse aguas subterráneas, superficiales y pluviales.

Las aguas residuales industriales contienen, la mayoría de veces, componentes residuales con características tóxicas, que resultan muy nocivas y peligrosas para el ambiente y el ser humano, razón por la cual no pueden ser desechadas

directamente en cursos hídricos o sistemas de alcantarillado sin previo tratamiento.

La ampliación de los sistemas de alcantarillado en comunidades, el incremento de la industrialización, la fusión de pequeñas y medianas compañías locales para convertirse en grandes empresas, el establecimiento de rellenos sanitarios y otras medidas para la disposición de aguas residuales, han provocado una situación en la cual el caudal de aguas residuales que ingresa a las aguas naturales sobrepasa la capacidad de auto-purificación de estas últimas.

En el transcurso del tiempo, ha sido necesario introducir continuamente regulaciones legislativas, de carácter cada vez más enérgico, destinadas a proteger estos cuerpos de agua, a fin de evitar la contaminación y la sobrecarga impuesta a las aguas naturales por sustancias contaminantes y dañinas; al mismo tiempo, debe ser posible el uso del agua para múltiples propósitos en regiones industrializadas y densamente pobladas.

Clasificación de las aguas residuales

Las aguas residuales se clasifican de acuerdo a su origen y composición en:

- Aguas residuales domésticas: provienen de viviendas, edificios públicos y otras instalaciones, incluyendo el agua utilizada para la limpieza de calles y control de incendios, así como las provenientes de pequeñas industrias locales conectadas al mismo sistema de alcantarillado.
- Aguas residuales comerciales: provienen de locales comerciales, como mataderos, pequeñas industrias y otras instalaciones públicas y que suelen estar conectadas a un sistema de alcantarillado común.
- Aguas residuales industriales de todo tipo: producidas por grandes plantas industriales.
- Aguas residuales agrícolas: provenientes de la cría de ganado y del procesamiento de productos animales y vegetales.
- Aguas de infiltración: proveniente de sistemas de drenaje, tuberías de desagüe y del descenso artificial del nivel de las aguas subterráneas, así

como de la infiltración de estas hacia el sistema de alcantarillado a través de tuberías y otras instalaciones defectuosas.

- Agua de lluvia: incluye todas las formas de precipitación (lluvia, nieve, granizo y niebla).
- Aguas superficiales: provenientes de aquellos cuerpos de aguas que ingresan directamente en el sistema de alcantarillado.

Estos diferentes tipos de aguas residuales reciben, en conjunto, la denominación de “aguas residuales municipales” y están presentes en los sistemas de alcantarillado de las ciudades. Por lo tanto, las aguas residuales municipales consisten principalmente en aguas de origen doméstico y agua de infiltración; aguas de lluvia, cuyo porcentaje mayor o menor depende de las condiciones locales, y aguas residuales comerciales e industriales.

Las aguas residuales contienen diversas sustancias de origen natural o artificial, que pueden ser más o menos dañinas para el hombre, los animales y el ambiente. La composición de las aguas residuales depende de su origen y de su tratamiento antes de la descarga (Ref. 12).

Composición de las aguas residuales

Aparte de sus propiedades físicas, todas las aguas naturales contienen componentes de sustancias activas e inactivas. En las aguas superficiales también se pueden encontrar plantas y animales. Aún en la forma de lluvia, el agua adquiere partículas orgánicas e inorgánicas (gases, microorganismos y trazas de amoníaco y nitratos) en su paso por la atmósfera.

El grado de contaminación de las aguas residuales se representa utilizando criterios tales como DBO, DQO, contenido de nitrógeno amoniacal, coliformes, entre otros.

Para el presente estudio se ha tomado como parámetros de análisis la DBO y coliformes fecales de las descargas de aguas residuales del cantón Latacunga por ser las disponibles en los tramos de análisis. La DBO, o demanda bioquímica de oxígeno, es la cantidad de oxígeno requerido por los microorganismos para estabilizar la materia orgánica biodegradable en 20 días, a una temperatura de 20

°C. Se le designa como DBO última de primera etapa o DBO₂₀. También es común determinar la DBO₅ (DBO en cinco días). En la Tabla 3-1 se presentan valores de la DBO, de acuerdo al tipo de agua residual.

La descomposición y el ejercicio de DBO asociado, pueden expresarse como una cinética de primer orden. Esto significa que desaparece una cantidad adicional constante de la demanda de oxígeno remanente, por unidad de tiempo.

Tabla 3-1: Algunos valores de DBO5 para líquidos

LÍQUIDO	DBO ₅ (G/L)
Sangre (la sangre representa casi un 70% del peso de animales vivos)	160-210
Abono líquido	7-18
Suero	45
Percolación de un campo de remolachas	80
Primer agua de lavado en la producción de mantequilla	17
Condensación producida por papas al vapor	4-9
Fenol	1,7

Fuente: Ref. 12

En las aguas superficiales y subterráneas existen diferentes sustancias cuyo consumo, en pequeñas concentraciones y en un período prolongado, pueden tener un efecto negativo en la salud humana.

La situación actual del río Cutuchi tiene los mismos problemas que los que se presentan a nivel nacional, incluso con características de contaminación más graves; es uno de los ríos más contaminados del Ecuador, por la influencia de gran cantidad de industrias que se sitúan en su cuenca y vierten sus descargas sobre este cuerpo hídrico. Además, en el trayecto del río Cutuchi se suman las descargas domésticas de la ciudad de Latacunga, originando una contaminación puntual directa y agresiva frente a la calidad de las aguas del río (Ref. 12).

3.3.1 MONITOREOS DE CALIDAD DE AGUA REALIZADOS AL RÍO CUTUCHI

El sector industrial en la ciudad de Latacunga inició en el año 1974 con la Corporación Ecuatoriana de Aluminio (CEDAL), y posteriormente la empresa Aglomerados Cotopaxi en 1977. La Tabla 3-2 presenta la evolución en el tiempo

de las principales empresas que desarrollan sus actividades en el cantón Latacunga:

Tabla 3-2: Evolución del sector industrial en el cantón Latacunga (Período 1974-2003)

AÑOS	EMPRESAS	AÑOS	EMPRESAS
1974	CEDAL	1998	Familia Sancela
1977	Aglomerados Cotopaxi	1999	Pilvicsa
1980	Molinos Poulter	1999	Agringa
1980	Embutidos Don Diego	1999	Aceropaxi
1981	Destilecsa	2000	Carrocerías Ulloa
1989	Continex	2001	Mina San Rafael
1991	Embotelladora San Felipe	2001	Flomaca
1994	Tambo Roses	2001	Viaston
1995	Asoc. Productos lácteos	2002	Holcim
1996	Diamond Roses	2001	Mina San Felipe
1998	Agriful	2002	Embutidos La Madrileña
1998	Pambaflor	2003	Lácteos El Ranchito

Fuente: Ref. 9

Como se puede observar en la Tabla 3-2, las actividades industriales en el cantón se originan a partir de la década de los 70, razón por la cual en el año 1975, el ex- INERHI (Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos) elaboró la Carta de Aguas para la cuenca del río Pastaza para definir la calidad del río Cutuchi en términos relacionados al uso en riego; los resultados mostraron que el río tenía aguas bicarbonatadas sódicas, con alcalinidad entre 290 a 400 mg/L como CaCO₃, además de concentraciones elevadas de Na, Ca, Mg y pH entre 8,7 y 8,0, característica atribuible a situaciones de orden geológico y no humano (Ref. 36).

Con la evolución del sector industrial, crecimiento poblacional del cantón y degradación de la calidad del agua del río Cutuchi, con el paso de los años, en 1995 la firma CONSULTA SOLUTIONS, para realizar un prediseño de las obras de depuración de los ríos Cutuchi y Ambato, llevó a cabo un monitoreo cuyos resultados se presentan en la Tabla 3-6. En septiembre del 2001, la Consultora Hidrotecnica del Ecuador (COHIEC), realizó una campaña de muestreo y análisis de distintos parámetros en diferentes secciones de control, tratando de ajustar a

las secciones que no fueron georeferenciadas por CONSULTA SOLUTIONS, con el fin de poder definir acciones que pueden realizarse para preservar, recuperar o mantener la calidad de sus aguas para el aprovechamiento en sus mejores usos; los resultados de este monitoreo se presentan en la Tabla 3-4, Tabla 3-5 y Tabla 3-6. Finalmente, en mayo del 2011, la SENAGUA presenta un informe de calidad de agua del río Cutuchi, ajustándose las secciones de control a las secciones monitoreadas por la consultora COHIEC, con el fin de establecer el saneamiento de la cuenca mediante recolección, depuración y disposición adecuada de los efluentes generados en las poblaciones y control de las aguas industriales; los resultados de este monitores se presentan en la Tabla 3-4, Tabla 3-5 y Tabla 3-6, que muestran los parámetros en las secciones de interés para el presente estudio.

El mapa con los puntos monitoreados por SENAGUA se presenta en el Anexo 2 con las coordenadas de la Tabla 3-3.

Tabla 3-3: Coordenadas de los puntos monitoreados por la SENAGUA en el 2010

ESTACIÓN	ESTE	NORTE	NOMBRE DEL SITIO
C1	769028	9921814	Camino al refugio del Cotopaxi
C2	765167	9905897	Puente de ingreso al poblado de Alaquez
C3	765486	9892882	Puente a Tiobamba

Fuente: Ref. 36

Las secciones monitoreadas de interés para el presente trabajo son C1, C2 y C3, debido a que entre estas secciones se encuentran las industrias y descargas domésticas de la ciudad de Latacunga, con las cuales se puede establecer condiciones iniciales y finales para el posterior balance de cargas orgánicas que se realiza en este estudio. Los valores obtenidos por cada sección y en los diferentes años de monitoreo son los siguientes:

Tabla 3-4: Parámetros monitoreados en el punto C1

PUNTO C1	COHIEC 2001	SENAGUA 2010
DQO [mg/L]	2	5,3

PUNTO C1	COHIEC 2001	SENAGUA 2010
DBO5 [mg/L]	1	3,5
Sólidos Totales [mg/L]	132	85,5
NMP/100 ml	3,0E+01	2,7E+02

Fuente: Ref. 36

Tabla 3-5: Parámetros monitoreados en el punto C2

PUNTO C2	COHIEC 2001	SENAGUA 2010
DQO [mg/L]	34	25,3
DBO5 [mg/L]	4,6	12,1
Sólidos Totales [mg/L]	705	448
NMP/100 ml	7,5E+03	5,0E+04

Fuente: Ref. 36

Tabla 3-6: Parámetros monitoreados en el punto C3

PUNTO C3	CONSULTA SOLUTIONS 1995	COHIEC 2001	SENAGUA 2010
DQO [mg/L]	-	23	26,8
DBO5 [mg/L]	12,5	13	12,9
Sólidos Totales [mg/L]	-	1521	775,4
NMP/100 ml	10,0E+06	9,3E+04	2,8E+04

Fuente: Ref. 36

En la primera sección de control, es decir el punto C1, de acuerdo a los gráficos obtenidos con los valores de la Tabla 3-4, se puede observar que los parámetros analizados tienen una tendencia a aumentar con el transcurso de los años, excepto los sólidos totales.

Para la segunda sección de control, C2, por los gráficos obtenidos se puede observar que en el transcurso de los años la DQO y los sólidos totales bajan su concentración, mientras que en el mismo intervalo de tiempo la DBO y los coliformes fecales aumentan.

Finalmente, para la tercera sección de control, C3, de acuerdo a los gráficos obtenidos con los valores de la Tabla 3-6, se cuenta con información de algunos

parámetros del monitoreo realizado en 1995; estos valores tienen una tendencia a disminuir en el tiempo como sucede con los sólidos totales y coliformes fecales (1995-2010). Sin embargo, la DBO aumenta en un primer periodo de monitoreo (1995-2001), y en el segundo periodo de muestreo (2001-2010) esta disminuye; finalmente, por otro lado, la DQO en esta sección de control en el periodo de monitoreo del 2001 a 2010, aumenta.

3.3.2 AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS

3.3.2.1 Origen y tipos de aguas residuales domésticas

La generación de aguas servidas se presenta:

1. En las viviendas familiares por:
 - La preparación de alimentos, el lavado de platos, la limpieza de la casa, el lavado de la ropa e higiene personal
 - El uso del inodoro
 - El lavado de superficies pavimentadas externas y de automóviles
2. En los edificios públicos por:
 - La limpieza del edificio, la higiene personal, la preparación de alimentos y el lavado de vajilla en la cafetería
 - El uso de baños públicos
 - El lavado de superficies pavimentadas externas y de automóviles
3. En los pequeños establecimientos comerciales por:
 - La preparación de alimentos, el lavado de platos, la limpieza del local, el lavado de ropa e higiene personal
 - El uso de inodoros
 - El lavado de superficies pavimentadas externas y automóviles

Las aguas residuales crudas de origen doméstico emergen como un líquido turbio, de color gris o amarillento, con olor séptico, en el cual van suspendidas partículas de sedimentos, heces, residuos vegetales, tiras de papel y materiales sintéticos. Cuanto más largo sea el colector que los conduce y más turbulento el

flujo en la alcantarilla, más pequeñas serán las partículas presentes en el agua residual (Ref. 12).

3.3.2.2 Cantidad y composición de las aguas residuales en viviendas particulares

La cantidad de aguas residuales domésticas es igual al agua consumida del sistema de abastecimiento menos el agua utilizada para cocinar, beber, regar el césped y jardines. Las heces y otros productos de desecho que se añaden a las aguas residuales llegan aproximadamente a 1,4 kg/persona*día. Puede decirse que la cantidad de aguas residuales domésticas es casi un 80% del consumo de agua. Puesto que el consumo de agua depende esencialmente de los hábitos y de las condiciones de vida, al mejorar estos, la cantidad de aguas residuales también aumentan.

El volumen de aguas residuales sufre variaciones horarias, diarias y anuales. Puede apreciarse un incremento de aguas residuales al comienzo de la semana, debido al lavado de ropa, y al final de la semana debido a la limpieza de la casa. Los domingos y feriados, la cantidad de aguas residuales se reduce en forma notoria. El cambio cuantitativo es evidente respecto a la producción de aguas residuales, sobre todo durante el transcurso del día. Después de llegar a un punto mínimo durante la noche, la cantidad de agua y su concentración de residuos se incrementa fuertemente en las horas de la mañana, llegando generalmente a su máximo al mediodía, para luego descender en forma progresiva (Ref. 12).

Es evidente que existe una cierta correlación entre la cantidad de aguas residuales y su carga de residuos, representada como sustancias sedimentables. Otros indicadores de carga, por ejemplo la DBO_5 , también muestran un comportamiento similar. La coincidencia de los picos de aguas residuales se calcula en 14 o inclusive 16 horas cuando se diseñan plantas de tratamiento de aguas residuales. Cuanto más grande sea la ciudad, más uniforme será la cantidad y composición de las aguas residuales.

Tabla 3-7: Cantidad y composición de las aguas residuales y demanda de agua en viviendas particulares (por persona al día)

TIPO	CANTIDAD EN L/(HAB.*DÍA)		CONTAMINACIÓN EN G/(HAB.*DÍA)						
	Demanda de agua	Descarga de agua	Total sólidos	Sólidos inorgánicos	Sólidos orgánicos	DBO ₅	C _o	N	P
Comida y bebida	3	-					8		
Lavado de platos	4	4					8	0,2	
Lavado de ropa	20	19							
Higiene personal	10	10					7		
Ducha/tina	20	20					7	-	
Limpieza de la casa	3	3					7		
Inodoro:	20	22							
Heces			27	4	23		17	1,5	0,6
Orina			55	15	40		5	12,2	0,8
Total	80	78	190*	80*	110*	54*	37	13,9	2,3*

*Para aguas residuales domésticas según Manual de Disposición de Aguas Residuales

Fuente: Ref. 12.

Quando mejoran las condiciones de vida, se incrementan considerablemente los valores de la demanda de agua mostrados en el Tabla 3-8 y, por consiguiente, los valores de la cantidad de aguas residuales, especialmente para el caso de baños de tina o ducha, limpieza de apartamentos grandes, funcionamiento de nuevos artefactos domésticos, riego del césped y el jardín, y lavado de automóviles y de ambientes exteriores. Sin embargo, la carga presente en las aguas residuales aumentará solo en forma mínima y, así, al aumentar el consumo de agua, descenderá la concentración de contaminantes en las aguas residuales (Ref. 12).

Tabla 3-8: Demanda de agua para actividades domésticas

ACTIVIDAD	LITROS POR ACTIVIDAD
Lavado de platos (para una comida de 4-6 personas): Manual Con lavaplatos automático	10-25 20-45
Lavado de ropa (4 kg): Manual Con lavadora	250-300 100-180
Limpieza de casa: Con cubos de agua	8-10
Higiene personal: Lavado de manos Ducha rápida Baño de ducha Baño en tina pequeña Baño en tina grande Baño de niños	2-5 40-80 80-140 200-250 30-50 30-40
Inodoro: Con tanque alto Con tanque integrado Con conexión directa al sistema de abastecimiento de agua	8-12 12-15 6-14
Disposición de basura por ciclo	4-5
Lavado de automóviles: Con cubo Con manguera	20-40 100-200
Riego de césped, de ser necesario	1/m ² /a 5-10

Fuente: Ref. 12

Con el objeto de la caracterización de las aguas provenientes de las descargas domésticas de la parte urbana de la ciudad de Latacunga, se dispone de los datos presentados en la Tabla 3-9 y Tabla 3-10.

Tabla 3-9: Parámetros para aguas residuales domésticas de la ciudad de Latacunga

PARÁMETRO	VALOR
Población 2010 (hab.)	63842
Dotación (L/hab. x día)	200

PARÁMETRO	VALOR
Coefficiente de retorno del agua residual	0,8

Fuente: Ref. 14

Tabla 3-10: Calidad de las aguas residuales domésticas

PARÁMETRO	UNIDADES	VALOR
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	mg/L	208
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	399
Sólidos Totales	mg/L	761,50
Sólidos Suspendidos	mg/L	160,00
Coliformes fecales	NMP/100ml	8,50E+05

Fuente: Ref. 14

Con el propósito de realizar el balance de masa de las cargas contaminantes provenientes de este sector, se requiere la utilización de la DBO última, para lo cual la relación de DBO_5/DBO_u se encuentra entre el intervalo 0,45-0,68 (Ref. 21); por tratarse de aguas contaminadas con alta carga orgánica, el valor que se tomará para este cálculo es de 0,68 como factor de conversión. Además, para el cálculo del caudal se realiza con los parámetros de la Tabla 3-9.

$$Q = \frac{200 L}{hab * día} \times 63.842 hab \times \frac{1 día}{86.400 s} \quad (1)$$

$$Q = 147,78 \frac{L}{s} \quad (2)$$

Por lo tanto los parámetros que se utilizan en el balance de masa con respecto a las descargas residuales domésticas provenientes de la ciudad de Latacunga son los de la Tabla 3-11.

Tabla 3-11: Parámetros para el balance de masa

PARÁMETRO	VALOR
DBOu (mg/L)	305,88
DQO (mg/L)	399
Caudal (L/s)	147,78

Elaborado por: Molina B. y Gaviláñez J.

3.3.3 AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

En el presente estudio se han considerado 91 empresas, entre las principales: florícolas, industrias lácteas, estaciones de servicio, procesadoras de alimentos, siderúrgicas, talleres y lubricadoras, saneamiento, industria textil, industria maderera, entre otras.

En el Anexo 1 se presenta un cuadro resumen del listado de las industrias seleccionadas dentro del cantón Latacunga, donde incluye su nombre comercial, actividad, sector donde está ubicado y sus coordenadas geográficas.

En el Anexo 2 se muestra un mapa, en el que se representan las 91 industrias ubicadas en el cantón Latacunga.

Del catastro levantado por el GAD Municipal de Latacunga, son 115 las principales industrias que contaminan al río Cutuchi, de las cuales 100 están localizadas dentro del estudio, es decir, son las empresas que están dentro de los puntos de control; mientras que los datos tomados en campo de las industrias cubren alrededor del 91% de estas con un total de 91 empresas.

De acuerdo a la información relevada en campo, para este proyecto de titulación, las empresas en el cantón Latacunga se dividen en las categorías presentadas en la Tabla 3-12.

Tabla 3-12: Número de industrias por actividad

ACTIVIDAD DE LA EMPRESA	CANTIDAD DE INDUSTRIAS
Estaciones de servicio	18
Florícolas	35
Lubricadoras	23
Industria Alimenticia	4
Industria Láctea	5
Industria Maderera	1
Industria Papelera	1
Industria Textil	1
Industria Metalúrgica	2

ACTIVIDAD DE LA EMPRESA	CANTIDAD DE INDUSTRIAS
Saneamiento (Camal)	1
Total	91

Elaborado por: Molina B. y Gavilánez J.

La actividad florícola en el cantón Latacunga es la actividad industrial que presenta mayor porcentaje, con 35,16%; mientras que las actividades provenientes de lubricadoras y estaciones de servicio presentan un porcentaje de 25% y 20% respectivamente, convirtiéndose en la segunda y tercera actividad con mayor influencia en el cantón.

3.3.3.1 Descripción de las actividades y cargas contaminantes de las descargas industriales

3.3.3.1.1 Aguas residuales de la industria metalúrgica

En algunas metalúrgicas el consumo de agua puede llegar a ser de 3-4 m³/t de acero en bruto, o en otras siderúrgicas el consumo de agua puede ser de 12-18 m³/t de acero. Los vapores de color marrón que emanan del convertidor y que contienen óxidos de hierro y manganeso son lavados en columnas de enjuague para separar las sustancias. Las aguas residuales de este proceso contienen sustancias en una gama de 8-15 g/L, donde además se puede contener fluoruros.

El hierro y otros metales pueden ser procesados mecánicamente para la fabricación de láminas, planchas, tiras, alambres, etc., mediante el laminado; dos o más cilindros, junto con los motores impulsores, forman un tren de laminación.

Los trenes de laminación producen aguas residuales que contienen, además de costras de laminado, finas partículas de polvo, aceite y grasa. Las costras tienen una elevada gravedad específica y, en términos de peso, pueden llegar hasta 1 g/L de las aguas residuales. En las descargas purificadas de laminadoras de cobre, se han encontrado óxidos metálicos (como óxido de cobre) en cantidades que incluso sobrepasan los 100 mg/L; las aguas residuales de laminadoras de aluminio contienen pequeñas cantidades de compuestos de aluminio (generalmente < de 1 mg/L). Como, en alguna medida, estas sustancias se

encuentran muy finamente distribuidas y cubiertas con trazas de grasa y aceite, su sedimentación se torna difícil y hasta imposible.

Las descargas de laminadoras en frío contienen:

- Residuos ácidos del agua de enjuague proveniente de los baños químicos; ácido sulfúrico (H_2SO_4), ácido clorhídrico (HCl) o ácido nítrico (HNO_3); los tratamientos utilizados son: neutralización, oxidación por aire y precipitación de hierro.
- Aguas residuales provenientes de la recuperación de cromo, que algunas veces se presentan mezcladas con las aguas residuales mencionadas en el punto anterior; las cuales son acondicionadas mediante un intercambio iónico.
- Residuos provenientes del desengrasado electrolítico, con valores elevados de DQO.
- Residuos de lubricantes provenientes de los trenes de laminación y que forman emulsiones.
- Aceites de refrigeración solubles, lo que debe desecharse y reemplazarse cada cierto tiempo (Ref. 12).

En el área de estudio existen dos industrias dedicadas a la fundición de hierro, estas se sitúan en la vía Panamericana Norte, a pocos kilómetros de la entrada a la ciudad de Latacunga, en donde el río Cutuchi pasa cerca de los alrededores de estas empresas, siendo el principal recurso que reciba los efluentes producto de la fundición de hierro.

De acuerdo a valores promedio obtenidos de una industria siderúrgica, se obtiene la Tabla 3-13 con los diferentes parámetros muestreados en la industria.

Tabla 3-13: Caracterización del efluente líquido de la industria siderúrgica

PARÁMETRO	VALOR PROMEDIO
pH	4,3
Temperatura (°C)	25
Sólidos sedimentables	16
DBOu (mg/L)	384
DQO (mg/L)	878

PARÁMETRO	VALOR PROMEDIO
Sólidos suspendidos (mg/L)	288
Caudal (L/s) (por 10 minutos cada 15 días)	9,1

Fuente: Ref. 30

El caudal que se utiliza para el balance de masa se calcula de acuerdo a los datos de la industria siderúrgica, tomando en cuenta la duración de la descarga y el número de veces que se descarga este efluente al mes. Por lo tanto, los cálculos son los siguientes:

$$Q = 9,1 \frac{L}{s} \times 10 \text{ min} \times 2 \frac{\text{veces}}{\text{mes}} = 10.920 \frac{L}{\text{mes}} \quad (3)$$

$$Q = 10.920 \frac{L}{\text{mes}} \times \frac{1 \text{ día}}{86.400 \text{ s}} = 4,21 \times 10^{-3} \frac{L}{s} \quad (4)$$

Para la evaluación de las características de las descargas y el correspondiente balance de masa de las cargas contaminantes de este sector industrial, se utilizará los valores de los parámetros de DBO₅ y DQO monitoreados en el año 2011 por la SENAGUA a los principales afluentes que descargan sobre el río Cutuchi. El valor correspondiente a la DBO₅ es de 10 mg/L. En esta industria, cuyos efluentes son principalmente inorgánicos y que para efecto de cálculo en el balance de masa del presente estudio se requiere de la concentración de la DBO_u, se utiliza 0,68 como factor de conversión de DBO₅ a DBO_u. Además, para la caracterización del caudal que descarga, esta industria utiliza el caudal calculado para una empresa siderúrgica de similares características, por lo cual los datos que se utilizan en posteriores cálculos son los siguientes:

Tabla 3-14: Parámetros promedio de una industria de fundición de hierro que se utilizan para el balance de masa

PARÁMETRO	VALOR
DBO _u (mg/L)	14,7
DQO (mg/L)	17
Caudal (L/s)	4,21 x 10 ⁻³

Elaborado por: Molina B. y Gaviláñez J.

3.3.3.1.2 Aguas residuales de talleres mecánicos (lubricadoras)

En talleres mecánicos, se utilizan refrigerantes y lubricantes, estos aditivos son principalmente emulsificantes (como jabones, naftenatos, naftenosulfonatos y otros compuestos aniónicos) y también catiónicos (detergentes, resinas, etc.), a los que se denomina frecuentemente aceites solubles. A estos aceites solubles se les agrega, además, agentes anticorrosivos, como por ejemplo, nitrito, compuestos de cromo o fosfatos.

Los aceites solubles que se pueden adquirir comercialmente están mezclados con un cierto porcentaje de agua, según sea el uso que se les dé, y pueden ser reciclados durante varios meses. Después de este tiempo, la emulsión usada pasa a ser drenada y reemplazada por emulsión fresca. La emulsión usada forma el agua residual de este proceso.

La cantidad que se descarga generalmente es pequeña y equivale apenas a unos cuantos m³, pero la DBO₅ puede alcanzar valores > 7500 mg/L (Ref. 12).

En el área de estudio, en el cantón Latacunga, las lubricadoras son pequeñas empresas que se ubican a lo largo de las principales vías, como lo son las vías de primer y segundo orden, medios que permiten el ingreso y salida a las parroquias urbanas y rurales del cantón; además de su ubicación, algunas de estas empresas están situadas a poca distancia del río Cutuchi u otros ríos que aportan a este, por lo que sus efluentes terminan siendo un aporte al caudal.

Para la caracterización de las aguas que se obtienen o que se descargan de las lubricadoras sobre un cuerpo de agua, se ha obtenido datos de una lubricadora donde se han realizado diferentes monitoreos de los efluentes que se descargan obteniendo promedios de los parámetros de interés, presentados en la Tabla 3-15.

Tabla 3-15: Parámetros provenientes de una lubricadora

PARÁMETRO	UNIDADES	EFLUENTE				PROMEDIO
		AGOSTO 2006	DICIEMBRE 2006	NOVIEMBRE 2007	MARZO 2008	
Potencial Hidrógeno	pH	6,85	7,32	6,68	5,1	6,49

PARÁMETRO	UNIDADES	EFLUENTE				PROMEDIO
		AGOSTO 2006	DICIEMBRE 2006	NOVIEMBRE 2007	MARZO 2008	
Conductividad Eléctrica	µS/cm	456	84,5	745		428,50
Hidrocarburos Totales	mg/L	2,37	62	0,312		21,56
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	mg/L			450	14,5	232,25
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	597	39	1367	0,082	500,77
Sólidos Totales	mg/L	817	0,83	1255		690,94
Sólidos Suspendidos	mg/L			785		785,00
Bario	mg/L	0,122	0,112	0,2		0,14
Cromo (total)	mg/L	0,021	0,031	0,07		0,04
Plomo	mg/L	0,03	0,03	0,07		0,04
Vanadio	mg/L	0,04	0,04	0,09		0,06
Caudal	L/s			0,2	0,12	0,16

Fuente: Ref. 34

Para el posterior cálculo en el balance de masa de las cargas contaminantes provenientes de este sector, se ha tomado los valores promedio de una lubricadora, con valores de la Tabla 3-16, tomando en cuenta que con el propósito del cálculo se utiliza el valor de concentración de la DBO_u, ya que por tratarse de una industria en la cual su principal composición es inorgánica, se utiliza el valor de 0,68 como factor de conversión de DBO₅ a DBO_u.

Tabla 3-16: Parámetros promedio de lubricadoras que se utilizan para el balance de masa

PARÁMETRO	VALOR
DBO _u (mg/L)	341,54
DQO (mg/L)	500,77
Caudal (L/s)	0,16

Elaborado por: Molina B. y Gaviláñez J.

3.3.3.1.3 Aguas residuales de la industria textil

La industria que existe en el cantón Latacunga es una planta (lavandería, planta de teñido textil) de procesamiento y acabado que convierte los productos semi-

acabados en productos finales, donde los diferentes procesos generan aguas residuales orgánicas e inorgánicas.

En esta planta un porcentaje importante de los componentes de las aguas residuales son sustancias orgánicas disueltas o, como en el caso de la lana, sustancias orgánicas (grasas y suciedad). Por otro lado, los residuos de las plantas de acabado suelen contener sustancias que son tóxicas o que no se descomponen fácilmente. Así, los residuos de viscosa pueden tener sulfuro de hidrógeno, disulfuro de carbono, ácidos minerales libre y sales de cinc.

En una industria de este tipo se presentan cantidades entre 20 y 50 metros cúbicos por tonelada de producto final de aguas residuales, incluyendo las aguas de enjuague.

Las residuales fluyen de las plantas de acabado textil en dos fases: del proceso de tratamiento y lavado (limpieza de lana, blanqueado de algodón, remojo de lino, desgome de la seda) y de los procesos de blanqueado y teñido. Las aguas residuales que se descargan presentan las características que se muestran en la Tabla 3-17 (Ref. 12).

Tabla 3-17: Características de las aguas residuales de la industria textil

TIPO DE PLANTA MATERIAL PROCESADO	TEÑIDO ALGODÓN
Apariencia	Azul oscuro Opaca Turbia
pH	9,1
Residuos secos (filtrados)	1240 mg/L
Orgánicos	437 mg/L
Inorgánicos	803 mg/L
Consumo de permanganato	733 mg/L
DBO ₅	188 mg/L
Cloruros (Cl)	118 mg/L
Nitrógeno orgánico	16 mg/L
Amoníaco (NH ₃)	trazas

Fuente: Ref. 12

Se evidencia una única lavandería en el cantón Latacunga, la cual es muy importante por su ubicación y las descargas que esta realiza, pues se sitúa a orillas del río Cutuchi, y será este recurso el que recibirá los efluentes de esta empresa.

Para el posterior cálculo en el balance de masa de las cargas contaminantes provenientes de este sector, se toman los valores de DBO y DQO provenientes de monitoreos realizados en el año 2011 por SENAGUA, en donde el valor correspondiente a la DBO₅ es de 138 mg/L. En esta industria, cuyos efluentes son principalmente inorgánicos y que para efecto de cálculo en el balance de masa del presente estudio se requiere de la concentración de la DBO_u, se utiliza 0,68 como factor de conversión de DBO₅ a DBO_u. Mientras que para el cálculo de caudal se reconoce como industria de tamaño pequeño, por lo que se toma como referencia el valor mínimo del intervalo dispuesto en el mismo manual que es de 20 m³ por tonelada de producción. Para la cantidad de producción de esta empresa se asoció a una textilera de similares condiciones de tamaño físico y de trabajadores, la que presenta una producción mensual de 33,67 toneladas (Ref. 19), con lo que se calcula el caudal de la siguiente manera:

$$Q = \frac{20 \text{ m}^3}{\text{tonelada producción}} \times \frac{33,67 \text{ t}}{\text{mes}} \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \quad (5)$$

$$Q = 0,26 \frac{\text{L}}{\text{s}} \quad (6)$$

Los valores de la Tabla 3-18, se utilizan en el balance de masa posterior (capítulo 4).

Tabla 3-18: Parámetros promedio de una industria textil que se utilizan para el balance de masa

PARÁMETRO	VALOR
DBOu (mg/L)	202,94
DQO (mg/L)	293
Caudal (L/s)	0,26

Elaborado por: Molina B. y Gaviláñez J.

3.3.3.1.4 *Aguas residuales de las fábricas de papel*

Para la producción de papel se necesitan diferentes materias primas como:

- Papeles y cartones de la celulosa, con o sin pulpa mecánica
- Papeles y cartones con una elevada proporción de rellenos y papel usado
- Papeles y cartones obtenidos mediante proceso químico de trapos, paja y madera, así como del procesamiento de sustancias sintéticas.

Las fábricas de papel y cartón tienen un elevado consumo de agua. En el transcurso de la fabricación de papel, el material fibroso se diluye a tal grado que existen entre 125 y 2000 m³ de aguas residuales por tonelada de papel. La industria existente en el cantón Latacunga se encuentra destinada al procesamiento y fabricación de papel fino, en cuyos procesos las aguas residuales generadas para este tipo de industria están alrededor de 400 m³/t de papel.

Las aguas residuales provenientes del blanqueo contienen, además de constituyentes orgánicos putrescibles, cantidades considerables de sustancias inorgánicas, como sulfato de aluminio y bario, tierra arcillosa y cargadores (caolín). La DBO₅ de estas aguas residuales puede ser muy alta, llegando incluso a 3000 mg/L, especialmente cuando se ha incluido material usado (textiles, papel, etc.) en el proceso. (Ref. 12)

Existe una sola industria papelería que se localiza en el área de estudio en el cantón Latacunga, esta se ubica en la vía Panamericana Norte, a pocos kilómetros de la ciudad, y también se sitúa a una corta distancia del río Cutuchi, siendo sus descargas un aporte directo a este recurso.

Para la caracterización de este tipo de aguas se conoce que en una fábrica de papel se manejan caudales aproximados a 30 L/s (Barona, W., 2009), por lo que el agua de entrada en el proceso de fabricación es igual al agua de salida como descargas residuales.

De acuerdo con el estudio de Calidad del Agua, desarrollado por el Consejo Nacional de Recursos Hídricos, en el año 2001 (Ref. 36) se conoce que las descargas residuales de esta fábrica de papel tienen un DBO₅ de 247 mg/L y un

DQO de 849,3; sin embargo, para propósito del cálculo, se utiliza el valor de concentración de la DBOu, por tratarse de una industria en la cual su principal composición es orgánica, por lo que se utiliza el valor de 0,45 como factor de conversión de DBO₅ a DBOu. Por lo tanto, las características que se utilizan para el posterior balance son las presentadas en la Tabla 3-19.

Tabla 3-19: Parámetros de una fábrica de papel que se utilizan para el balance de masa

PARÁMETRO	VALOR
DBOu (mg/l)	548,9
DQO (mg/l)	849,3
Caudal (l/s)	30

Elaborado por: Molina B. y Gaviláñez J.

3.3.3.1.5 Aguas residuales de la fabricación de tablas de fibra de madera mediante proceso húmedo.

Las tablas de fibra de madera son producidas mediante tres procesos: húmedo, semi-seco y seco.

En la fabricación de tablas de fibra de madera, la madera descortezada se tritura mecánicamente entre discos lijadores de rotación rápida u otras máquinas astilladoras; el producto se conserva en barriles. Si el contenido de humedad de la madera está por debajo del 45%, es necesario añadir agua. Las astillas de madera se someten a la acción del vapor en cilindros recolectores durante uno a tres minutos, con una presión de 13 bar y 150-180 °C. El resultado es una pasta con un contenido de humedad del 60%, la cual se eleva a 94-96% al mezclarla con agua. Esta masa fibrosa, diluida aún más hasta un 98%, se bate nuevamente en máquinas de refinación y se mezcla con los siguientes aditivos: proteínas o resinas (resina de formaldehído de cresol y fenol), talloil (subproductos de la producción de pulpa química de madera), parafina y ácido sulfúrico o sulfato aluminico. El pH de la mezcla está alrededor de 3 o 4. Luego, el material, con 1,8%-2% de materia seca en peso, se deshidrata mecánicamente hasta aproximadamente 40% en peso, se corta en forma de tablas y luego se seca y

solidifica por completo a 210 °C y 19 bar de presión, utilizando una prensa sobre una superficie perforada.

El flujo de aguas residuales es de unos 400 m³ o más por tonelada de tablas de fibra de madera.

El agua residual que fluye de la máquina tamizadora y la prensa contiene hasta un 10% de sustancias de madera, como lignina, hemicelulosa, azúcar de reducción o invertida y ácido acético, en forma disuelta o semidisuelta, además de pequeñas cantidades del agente aglomerante de resinas sintéticas. La calidad de los residuos depende principalmente del tipo de madera que se utilizó como materia prima (Ref. 12).

Tabla 3-20: DBO5 en aguas provenientes de una fábrica de tablas de fibra de madera

AGUAS DE PROCESO METROS CÚBICOS POR TONELADA DE MADERA PARA TABLAS	DBO ₅ KILOGRAMO DE O ₂ POR TONELADA DE TABLAS DE FIBRA DE MADERA
50	33
25	37
15	50
10	66
5	100

Fuente: Ref. 12

Al igual que la industria papelera y la empresa textilera, en el área de estudio esta industria es la única que realiza este tipo de actividades, y también se ubica en la vía Panamericana Norte, a pocos kilómetros de la ciudad de Latacunga, situándose a corta distancia del río Cutuchi, por lo que sus descargas son de principal aporte al río.

La industria maderera ubicada en la zona de estudio ha sido monitoreada en el año 2011 por la SENAGUA, en donde se tiene valores de DBO₅ = 5 mg/L y DQO = 12 mg/L. Para el balance de masa de cargas contaminantes, se requiere el valor de la DBO_u, para lo cual la relación de DBO₅/DBO_u se encuentra entre el intervalo 0,45-0,68 (Ref. 21), por tratarse de aguas industriales caracterizadas por una alta concentración de materia orgánica proveniente de la madera, el valor que

se tomará para este cálculo es de 0,45 como factor de conversión. Los valores de la Tabla 3-21 se utilizan luego en el balance de masa.

Tabla 3-21: Parámetros promedio de la fabricación de tablas de fibra que se utilizan para el balance de masa

PARÁMETRO	VALOR
DBOu (mg/l)	11,11
DQO (mg/l)	12,00
Caudal (l/s)	2,22

Elaborado por: Molina B. y Gaviláñez J.

3.3.3.1.6 Aguas residuales con petróleo provenientes de estaciones de gasolina y talleres

Las aguas residuales que contienen petróleo provienen de tanques de depósito de petróleo, estaciones de gasolina, talleres, centros de distribución y lugares similares; estas pueden contener gasolina y otros combustibles.

Estas aguas residuales no pueden descargarse en el sistema público de alcantarillado sin antes haber sido tratadas, pues son muy dañinas para los trabajadores encargados del alcantarillado, para las alcantarillas y para el agua receptora. Contienen hidrocarburos que fácilmente pueden ser separados y utilizados en la misma planta, o en plantas especiales de recuperación y utilización del petróleo.

Existe siempre el peligro de que cantidades perjudiciales de petróleo lleguen hasta la masa de agua superficial o subterránea debido a accidentes, fugas en las instalaciones de alcantarillado o por descuido (Ref. 12).

Las estaciones de servicio en el área de estudio son uno de los principales aportes al río Cutuchi y sus tributarios, debido a la gran cantidad de estas que hay alrededor de la zona, y a su ubicación cercana a estos recursos. En muchos de los casos, las estaciones de servicios están a escasos metros de los ríos, convirtiéndose estos recursos en un cuerpo receptor de las descargas que estas pueden generar.

Datos obtenidos de una estación de servicio de diferentes monitoreos realizados sobre sus efluentes (Ref. 34), se obtiene los promedios de los parámetros de interés, que se presenta en la Tabla 3-22.

Tabla 3-22: Parámetros provenientes de una estación de servicio

PARÁMETRO	UNIDAD	EFLUENTE							PROMEDIO
		AGO. 2006	DIC. 2006	NOV. 2007	MAR. 2008	JUN. 2008	SEP. 2008	DIC. 2008	
Potencial Hidrógeno	pH	6,92	6,74	6,99	8,44	7,12	7	6,75	7,14
Conductividad Eléctrica	μS/cm	391	32	372		136,8			232,95
Hidrocarburos Totales	mg/L	1,21	35			2,32	0,5	0,8	7,97
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	mg/L			320	401,77	14	38	24,5	159,65
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	464	41	892	105,5	45	127	30	228,79
Sólidos Totales	mg/L	769	0,062	384		86			309,77
Sólidos Suspendidos	mg/L			118	59	18	25	18	47,60
Bario	mg/L	0,124	0,145	0,2		0,21			0,17
Cromo (total)	mg/L	0,036	0,034	0,07		0,04			0,05
Plomo	mg/L	0,03	0,03	0,07		0,09			0,06
Vanadio	mg/L	0,04	0,04	0,09		0,06			0,06
Caudal	L/s			0,3	0,05				0,18

Fuente: Ref. 34

Para el posterior cálculo en el balance de masa de las cargas contaminantes provenientes de este sector, se ha tomado los valores promedio de una estación de servicio, que se muestran en la Tabla 3-23. Tomando en cuenta que con el propósito del cálculo se utiliza el valor de concentración de la DBO_u, que por tratarse de una industria en la cual su principal composición es la inorgánica, se utiliza el valor de 0,68 como factor de conversión de DBO₅ a DBO_u.

Tabla 3-23: Parámetros promedio de estaciones de servicio que se utilizan para el balance de masa

PARÁMETRO	VALOR
DBOu (mg/L)	234,77
DQO (mg/L)	243,5
Caudal (L/s)	0,18

Elaborado por: Molina B. y Gaviláñez J.

3.3.3.1.7 Aguas residuales provenientes de florícolas

Las aguas provenientes de actividades florícolas son aguas utilizadas en los siguientes procesos de producción:

- Siembra y cultivo

Al área de producción se llevan los esquejes enraizados, listos para ser sembrados. La siembra es realizada de manera convencional o en tierra. En el cultivo convencional se realizan diferentes subprocesos, como son: preparación de suelos, desinfección del suelo, siembra, labores culturales, cosecha de flor y labores de renovación del cultivo, entre otros. La preparación del suelo es realizada con buenos drenajes y posibilidades de aireación para evitar encharcamiento. Las rosas toleran bien suelos ácidos aunque el pH óptimo es alrededor de 6,0; no toleran elevadas concentraciones de calcio, ni sales solubles.

- Fumigación y control de plagas

Como todo cultivo intensivo, las plantaciones florícolas están expuestas a plagas especializadas, más o menos resistentes y que están asociadas con el tipo de flor.

La preparación de las soluciones de dosificación de estos productos se la realiza en lugares especialmente dispuestos para el efecto. Los lugares donde se realizan las mezclas están provistos de cubetos de seguridad, los frascos se lavan tres veces y el resultado de esta limpieza se lo incluye en la misma solución.

- Riego y fertilización

Para la adición de agua y nutrientes, se utiliza un sistema combinado de fertirrigación. Al hacerlo de esta manera, se evita el desperdicio de fertilizantes y al mismo tiempo es más fácil controlar la composición nutricional en el suelo y corregir cualquier falencia.

- Post-cosecha

Comprende todas las actividades de clasificación, limpieza, selección de las flores, corte de los tallos, eliminación de hojas y pétalos, el empaque y la conservación de estas para exportación.

En la post-cosecha se realiza la clasificación, el “boncheo” (armados los ramos, se cubren con un capuchón plástico), tratamiento sanitario, empaque y traslado a cuartos fríos de conservación.

- Embalaje y despacho

Las flores seleccionadas por tamaño, variedad y calidad del tallo se embalan y etiquetan de acuerdo a su destino y permanecen en los cuartos fríos hasta su despacho.

Las aguas que provienen de estos procesos poseen una gran cantidad de fertilizantes e insecticidas, razón por la cual estas aguas son encauzadas a fosas, donde reciben un tratamiento, o en su lugar pueden llegar a ser descargas directamente sobre el cuerpo hídrico más cercano (Ref. 1).

De acuerdo a un análisis realizado en dos florícolas del cantón Latacunga, se muestra la información de la Tabla 3-24 y Tabla 3-25.

Tabla 3-24: Parámetros provenientes de una florícola

FLORÍCOLA 1	
PARÁMETRO	POST COSECHA
pH	5,30
Nitritos (mg/L)	0,20
Nitratos (mg/L)	17,60
Amonio (mg/L)	2,32
Cianuro (mg/L)	0,00
Fosfatos (mg/L)	0,30

FLORÍCOLA 1	
PARÁMETRO	POST COSECHA
Sulfato (mg/L)	320,00
Sulfuro (mg/L)	0,08
Cloruros (mg/L)	45,00
DQO (mg/L)	182,00

Fuente: Ref. 5

Tabla 3-25: Parámetros provenientes de una florícola

FLORÍCOLA 2	
PARÁMETRO	POST COSECHA
pH	6,96
Nitritos (mg/L)	0,17
Nitratos (mg/L)	44,00
Amonio (mg/L)	1,94
Cianuro (mg/L)	0,00
Fosfatos (mg/L)	4,60
Sulfato (mg/L)	17,00
Sulfuro (mg/L)	0,32
Cloruros (mg/L)	17,80
DQO (mg/L)	970,00

Fuente: Ref. 5

En la Provincia de Cotopaxi la actividad florícola se ha convertido en una de las fuentes de trabajo y principal actividad económica, siendo una de las provincias con mayor cantidad de florícolas, alcanzando el 22% del total del país (Ref. 2), por lo que su influencia sobre los diferentes ríos y quebradas del área de estudio es uno de los principales aportes que reciben estos recursos hídricos.

Para conocer la cantidad de DBO que se descargan en las aguas de una florícola, se utiliza la correlación entre las medidas de contenido de materia orgánica (DBO y DQO), para las cuales el intervalo de relación DBO_5/DQO es de 0,4-0,8 (Ref. 21). El valor que se utiliza para el caso de las florícolas se calcula con los parámetros obtenidos de un monitoreo realizado en una auditoría ambiental en el cantón Cayambe para una florícola, tomando muestras de agua en el área de adicción de químicos, donde el agua del reservorio se combina con sustancias

químicas y es distribuida al cultivo, las muestras fueron compuestas con tres repeticiones por punto de muestreo, es decir, una cada 15 días (Ver Tabla 3-26, Tabla 3-27 y Tabla 3-28).

Tabla 3-26: Valores de los parámetros de una florícola en el área de adición de químicos

N. Muestra	DBO ₅ (MG O ₂ /L)	DQO (MG O ₂ /L)
	Valor Medio	Valor Medio
1	2,17	13
2	15,27	58
3	8,72	35,5

Fuente: Ref. 1

Con los valores obtenidos se puede calcular la relación DBO₅/DQO:

$$\frac{DBO_5}{DQO} = \frac{15,27}{58} \quad (7)$$

$$\frac{DBO_5}{DQO} = 0,26 \quad (8)$$

De acuerdo al valor obtenido, se puede observar que la relación es un valor por debajo del intervalo establecido, esto puede deberse al tratamiento que estas aguas reciben; sin embargo, es evidente que la parte inorgánica es mayor a la orgánica en la composición de esta agua. Por lo tanto, para las florícolas que se analizan en el presente trabajo, las aguas tienen mayores valores para estos parámetros antes de ser descargadas a un cuerpo receptor, y el factor de correlación que se utiliza para el cálculo de la DBO₅ es un valor promedio de 0,26 y 0,4 (0,33) debido a que el promedio obtenido hace referencia a un valor de un solo monitoreo realizado (Tabla 3-27).

Tabla 3-27: Valores de DQO y valores calculados de DBO₅

	VALORES DE DBO ₅ (MG/L)	VALORES DE DQO (MG/L)
Florícola 1	60,06	182,00
Florícola 2	320,1	970,00
Estos valores aplican para las florícolas utilizando el factor de conversión y área que ocupa cada una de ellas.		

Elaborado por: Molina B. y Gaviláñez J.

Para la realización del balance de carga orgánica en un cuerpo receptor, se requiere de la utilización de la DBO última, para lo cual la relación de DBO₅/DBO_u se encuentra entre el intervalo 0,45-0,68 (Ref. 21); por tratarse de aguas industriales contaminadas, el valor que se tomará para este cálculo es de 0,68 como factor de conversión.

Tabla 3-28: Valores de DQO y valores calculados de DBO última

	VALORES DE DBO _u (MG/L)	VALORES DE DQO (MG/L)	SUPERFICIE TOTAL (HA)	VALORES DE DBO _u /ÁREA (MG/L*HA)	VALORES DE DQO/ÁREA (MG/L*HA)
Florícola 1	88,32	182,00	23,10	3,82	7,88
Florícola 2	470,74	970,00	30,00	15,69	32,33
Estos valores aplican para las florícolas utilizando el factor de conversión y área que ocupa cada una de ellas					

Elaborado por: Molina B. y Gaviláñez J.

Tabla 3-29: Valor promedio de DBO última por hectárea

	FLORÍCOLA 1	FLORÍCOLA 2	PROMEDIO
Valores de DBO _u / Área (mg/L*ha)	3,82	15,69	9,76
Valores de DQO / Área (mg/L*ha)	7,88	32,33	20,11

Elaborado por: Molina B. y Gaviláñez J.

Para la obtención del caudal promedio que una florícola descarga sobre un cuerpo receptor, se obtuvo valores del Manual de Disposición de Aguas Residuales (GTZ), comparando una florícola con las aguas residuales agrícolas de cultivos de ciclo corto en un día; el valor del caudal es de 4 m³ por hectárea cultivada, por lo que el valor de caudal a utilizar es el que se muestra en la Tabla 3-28 y Tabla 3-29):

$$Q = \frac{4m^3}{1 \text{ días} \times ha} \times \frac{1 \text{ día}}{86.400 \text{ s}} \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \quad (9)$$

$$Q = 0,046 \frac{L}{s * ha} \quad (10)$$

Con los datos obtenidos se caracterizan las aguas para las florícolas con los valores presentados en la Tabla 3-30.

Tabla 3-30: Parámetros promedio de florícolas que se utilizan para el balance de masa

PARÁMETRO	VALOR
DBOu (mg/ha *L)	9,76
DQO (mg/ha *L)	20,11
Caudal (L/s*ha)	0,046

Elaborado por: Molina B. y Gaviláñez J.

De acuerdo a los valores obtenidos de DBO y caudal, estos se encuentran en función de las hectáreas cultivadas, por lo cual, mediante el programa Google Earth y las coordenadas obtenidas en campo de las florícolas y otras empresas, se calcula el número de hectáreas cultivadas por cada florícola, donde se obtiene el área y posteriormente el resultado de la carga orgánica por florícola, presentado en la Tabla 3-31.

Tabla 3-31: Área y cálculo de la carga orgánica total por florícola

NOMBRE DE LA EMPRESA	SECTOR	ÁREA [HA]	DBO ((11,83 MG/HA *L)*ÁREA) [MG/L]	DQO ((20,11 MG/HA *L)*ÁREA) [MG/L]	CAUDAL ((0,046 L/S*HA)*ÁREA) [L/S]
Sanbel Flowers CIA. LTDA.	Aláquez	2,5	29,18	49,60	0,11
Megaroses	Aláquez	5,0	58,67	99,73	0,23
Ever Green Roses	Aláquez	10,2	120,28	204,47	0,47
Ever Green Roses	Aláquez	7,0	82,67	140,52	0,32
Santa Mónica CIA. LTDA.	Aláquez	8,8	103,56	176,05	0,40
Rosalquez	Aláquez	10,2	120,28	204,47	0,47
Hagland Profarm	Aláquez	5,1	60,79	103,33	0,24
Eastman Pérez CIA LTDA.	Aláquez	10,2	120,28	204,47	0,47
Marias Flowers	Aláquez	10,2	120,28	204,47	0,47
S/N	Aláquez	10,2	120,28	204,47	0,47
Nintangá S.A.	Guaytaca	10,2	120,28	204,47	0,47

NOMBRE DE LA EMPRESA	SECTOR	ÁREA [HA]	DBO ((11,83 MG/HA *L)*ÁREA) [MG/L]	DQO ((20,11 MG/HA *L)*ÁREA) [MG/L]	CAUDAL ((0,046 L/S*HA)*ÁREA) [L/S]
	ma				
Jardines Piavieri	Joseguango Bajo	10,2	120,28	204,47	0,47
Diamond Rose	Joseguango Bajo	8,5	100,28	170,47	0,39
Agrogana	Joseguango Bajo	12,4	146,63	249,26	0,57
Agriful	Mulaló	5,3	62,88	106,90	0,24
Agrocoex Finca La Victoria	Mulaló	11,1	131,18	223,00	0,51
EQR 2 La Ciénega	Mulaló	10,2	120,28	204,47	0,47
Valde de Sol	Mulaló	8,1	95,72	162,71	0,37
Tambo Roses	Mulaló	30,0	354,90	603,30	1,38
Rosel y Flower	Mulaló	6,1	72,26	122,84	0,28
La Rosaleda	Mulaló	12,1	142,92	242,95	0,56
Pambaflor S.A.	Mulaló	10,2	120,28	204,47	0,47
Sierra Flor	Mulaló	9,2	108,56	184,55	0,42
EQR San Luis	Mulaló	10,2	120,28	204,47	0,47
Rose Succes	Tanicuchi	10,2	120,28	204,47	0,47
Native Blooms	Tanicuchi	7,2	84,92	144,36	0,33
Exrocob	Tanicuchi	22,7	268,46	456,37	1,04
Rose&Rose	Tanicuchi	3,8	45,10	76,67	0,18
Petyros	Tanicuchi	23,1	273,54	465,00	1,06
Flores del Cotopaxi	Tanicuchi	10,2	120,28	204,47	0,47
Sisari Farmas	Tanicuchi	10,2	120,28	204,47	0,47
Nine Flowers	Tanicuchi	5,3	63,16	107,37	0,25
Provefrut	Guaytamarca	1,2	14,20	24,13	0,06
Nova S.A.	Tanicuchi	0,1	1,18	2,01	0,005
Pilvicsa La Victoria	Guaytamarca	0,2	2,37	4,02	0,01

Elaborado por: Molina B. y Gaviláñez J.

3.3.3.1.8 *Aguas residuales industria Láctea*

Las plantas de productos lácteos reciben un suministro continuo de leche durante todo el año. Por lo tanto, también cabe esperar un flujo permanente de aguas residuales. Sin embargo, en las plantas pequeñas y en plantas de leche fresca, el procesamiento de la mañana se limita a unas cuantas horas, por lo que cabe esperar que los residuos se descarguen en grupos.

Existen dos tipos de plantas de productos lácteos: las que producen leche fresca y las que procesan la leche para obtener productos lácteos. En las primeras, la leche solo se trata para ser consumida de inmediato o para ser distribuida como leche fresca. En las plantas de procesamiento, la leche se convierte en queso, mantequilla, yogurt y otros productos.

En la fabricación de mantequilla, aparecen como residuos el suero y el agua de lavado de la mantequilla, los que también dan lugar a fuertes cargas contaminantes si no se les retiene para procesos posteriores.

La leche suministrada a las plantas, primero es enfriada a una temperatura de 4-6 grados centígrados y luego es mantenida en tanques de retención antes de cualquier procesamiento posterior. Para procesarla, se calienta a 40-45 grados centígrados, se clarifica en su separador (centrífugo) y se divide en crema y leche desnatada. A continuación, se pasteuriza mediante intercambiadores de calor de planchas o tuberías, para luego enfriarla nuevamente antes de continuar con el proceso a fin de obtener diferentes productos.

La composición de la leche requerida para los diversos productos se ajusta mezclando la crema con la leche desnatada. La leche para consumo directo simplemente es envasada, a no ser que fuese necesaria su pasteurización. En la fabricación de quesos existen cantidades considerables de suero, que, de no ser usado, se convertiría en la mayor carga contaminante de las aguas residuales de las plantas de productos lácteos. Sin embargo, a través de la precipitación, evaporación y deshidratación, se pueden obtener del suero valiosas materias primas en forma de líquido o polvo, las que pueden seguirse utilizando en la

industria de procesamiento de alimentos o pueden utilizarse como forraje (Ref. 12).

Tabla 3-32: Composición promedio de la leche

	EN % DEL PESO					DBO ₅ (MG/L)
	AGUA	GRASAS	PROTEÍNAS	AZÚCAR	CENIZA	
Leche entera	87,8	3,9	3,2	5,1	0,7	110.000
Leche desnatada	92,3	0,1	3,3	4,3	0,8	70.000
Suero de manteca	92,3	0,5	3,4	4,3	0,7	70.000
Suero	93,9	0,3	0,9	4,9	0,6	32.000

Fuente: Ref. 12

Los residuos de las plantas de productos lácteos son:

- Aguas de enfriamiento y condensación, en su mayor parte no contaminadas,
- Aguas de proceso contaminadas por componentes de la leche,
- Residuos del enjuague, de pérdidas y de la purificación, contaminados además por soluciones alcalinas y ácidas y desinfectantes
- Residuos sanitarios

La composición de la leche y sus productos determina los constituyentes de los residuos de las plantas lecheras. De igual manera, la cantidad y la composición efectiva de estos residuos dependen principalmente del volumen de leche que se pierde durante el procesamiento si las sustancias residuales son reutilizadas o eliminadas en las aguas residuales (Ver Tabla 3-33).

En las plantas de productos lácteos, se pierde aproximadamente de 0,2 a 2% de la leche procesada. Estas pérdidas son causadas por:

- Accidentes al vaciar la leche
- Fugas en los grifos de llenado, etc.

Tabla 3-33: Flujo de aguas residuales de diferentes operaciones de procesamiento de la leche

OPERACIÓN	KG DBO ₅ /M ³ DE LECHE PROCESADA	
	PROMEDIO	RANGO

OPERACIÓN	KG DBO ₅ /M ³ DE LECHE PROCESADA	
	PROMEDIO	RANGO
Recepción de la leche, lavado de los recipientes, limpieza	0,31	0,13-0,80
Enfriamiento de la leche cruda, almacenamiento, lavado de tanques y tuberías	0,23	0,08*-0,37
Lavado del vehículo tanque	0,30	0,14-0,48
Desnate, almacenamiento de la leche desnatada y la crema	0,17	0,11-0,29
Desnate, almacenamiento de la leche desnatada y pasteurización de la crema	0,80	0,55-1,44
Fabricación y lavado de la mantequilla	0,55	0,30-0,96
Evaporación de la leche desnatada para obtener un total reducido de sólidos	0,28	0,19*-0,36
Evaporación de la leche desnatada para obtener un total elevado de sólidos y deshidratación en pulverizador	0,89	0,17*-1,80
Deshidratación en rodillos	0,64	0,30*-1,56
Pasteurización de la leche y almacenamiento	0,35	0,12*-0,65
Embotellado de la leche pasteurizada	0,13	
Lavado de botellas	0,28	0,060-0,45
Pasteurización de la leche y almacenamiento, embotellado de la leche y lavado de botellas	1,02	0,59-2,04
Crema cuajada	1,44	-
Pasteurización y envasado de la crema	0,95	-
Fabricación de queso (prensado)	1,07	0,28-2,40
Requesón	18,0	-
Condensación del suero fresco (para obtener un total reducido de sólidos)	0,30*	-
Condensación	0,90	0,36-1,80
Lavado de la planta	0,72	0,28*-1,32
Condensación de la leche condensada azucarada	1,68	1,44-1,80
Envasado de la leche entera evaporada	0,90	0,60-1,20
Fabricación y envasado de helados (estimado, no registrado)	1,93	-

Fuente: Ref. 12

Las cifras marcadas con * son valores obtenidos cuando la planta estaba esforzándose especialmente en evitar desperdicios. Por lo general, siguiendo las recomendaciones con respecto a las pérdidas en las aguas residuales.

Las industrias lácteas más representativas tomadas en cuenta dentro del cantón Latacunga fueron cinco, ubicadas principalmente en el sector de Pastocalle y Tanicuchi, en el área rural del cantón Latacunga.

Dentro de los principales productos que ofrecen este tipo de industrias están: productos lácteos en general (queso, yogurt, dulce de leche, etc.), bebidas a base de frutas, entre otras.

Para el balance de masa de las cargas contaminantes se tomó el promedio de la DBO_5 en la industria láctea (Ref. 12), obteniéndose el siguiente cálculo:

$$2,15 \frac{kg}{m^3 \text{ leche proces.}} \times \frac{1 \text{ m}^3 \text{ leche proces.}}{1000 \text{ L leche proces.}} \times \frac{1000 \text{ L leche proces.}}{1,75 \text{ m}^3 \text{ A.R.}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \quad (11)$$

$$\frac{1000 \text{ gr.}}{1 \text{ kg}} \times \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ gr}} = 1229 \text{ mg/L}$$

El valor promedio calculado es similar al valor presentado en la Tabla 3-34.

Tabla 3-34: Cantidad y composición de los residuos de plantas de productos lácteos

	UNIDAD	LECHE FRESCA	PROCESAMIENTO POSTERIOR	
			PROMEDIO	VARIACIÓN
Agua de refrigeración	m ³ /1000 L de leche			2-4
Agua contaminada	m ³ /1000 L de leche	1	2	0,5-5
DBO_5	kg/1000 L de leche	0,1-2,5	2,5	0,3-5,0
DBO_5	mg/L	100-2500	1250	1-50000
DBO_5/DQO	-		0,69	0,35-0,9

Fuente: Ref. 12

Debido a que en esta industria se obtienen efluentes caracterizados por una composición orgánica, y con el objeto de obtener la DBO_u para el balance de masa del presente trabajo, el factor de conversión que se utiliza para el cálculo de la DBO_u en función de la DBO_5 es de 0,45.

Además, para el cálculo de la DQO de este tipo de industria se tiene:

$$\frac{DBO_5}{DQO} = 0,69 \quad (12)$$

$$\frac{DBO_5}{0,69} = \frac{1229 \text{ mg}}{0,69 \text{ L}} = DQO = 1781,16 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \quad (13)$$

Para la realización del balance de carga orgánica en un cuerpo receptor, se requiere la utilización de la DBO última, para lo cual la relación de DBO_5/DBO_u se encuentra entre el intervalo 0,45-0,68 (Ref. 21), por tratarse de aguas industriales contaminadas, el valor que se tomará para este cálculo es de 0,68 como factor de conversión.

Tabla 3-35: Parámetros que se utilizan para el balance de masa

PARÁMETRO	VALOR
DBO_u	1807,35 mg/L
DQO	1781,16 mg/L
Caudal	0,0016 L/s

Elaborado por: Molina B. y Gaviláñez J.

Para el caso de las industrias lácteas más pequeñas se tomó la cuarta parte de los valores de la Tabla 3-35 por la menor proporción de producción, para el balance de masa.

3.3.3.1.9 Aguas residuales de mataderos y plantas procesadoras de carne

Es importante establecer diferencias entre las plantas grandes donde se benefician todas las reses para abastecer a un municipio y las pequeñas empresas privadas que se encuentran en aquellos municipios que no cuentan con un matadero. En este caso, el beneficio de reses puede realizarse solo una vez a la semana o, incluso, con menor frecuencia.

En los mataderos grandes, los animales a ser beneficiados se mantienen en los establos, los cuales deben ser limpiados. Esto da como resultado sustancias residuales sólidas y líquidas comparables a aquellas que resultan de las actividades agrícolas. Antes de ser beneficiados, los animales son bañados para retirarles del cuerpo el polvo y las excretas. La sangre se recolecta

independientemente y no debe descargarse junto con el agua residual. Una vez desangrado, el animal pasa a ser colocado en agua caliente durante cuatro o seis minutos a una temperatura aproximada de 60 °C, para luego eliminar las cerdas. Como resultado, se obtiene agua caliente que contiene cerdas, pelos, y algunas veces, pequeñas cantidades de grasa.

Las vísceras se limpian en la sección de procesamiento respectiva. De allí resultan aguas de limpieza contaminadas con residuos de detergente, excrementos y sustancias provenientes de las mucosas. El primer estómago o panza es vaciado en otra sección donde también se le lava, lo cual produce aguas residuales (Ref. 12).

Tabla 3-36: Datos obtenidos de un matadero donde diariamente se beneficiaban 100 animales pequeños y 75 cabezas de ganado

		ANIMALES PEQUEÑOS	GANADO
Cantidad de agua residual	m ³ /animal	0,26	0,98
Sustancias sedimentables después de 2h	L/animal	6	13,5
Materia sólida seca	kg/animal	0,19	0,42
DBO ₅ en la superficie	kg O ₂ /animal	0,43	2,39

Fuente: Ref. 12

En la Tabla 3-36 no se consideró la sangre.

En la parroquia Eloy Alfaro, casi en la periferia urbana, está ubicado el Camal de Latacunga; el lugar se caracteriza por tener olores desagradables de carne en descomposición y excrementos de animales, situación que es más aguda en este camal por el evidente mal estado de la infraestructura y falta de preocupación de las autoridades encargadas del lugar.

Además, se tiene una industria de embutidos, procesamiento de carne entre otras actividades ubicadas en el sector de Guaytacama.

Tabla 3-37: Composición de las aguas residuales de un matadero

SUSTANCIA	UNIDAD	CANTIDAD
Sustancias sedimentables	ml/L	10
pH		7

SUSTANCIA	UNIDAD	CANTIDAD
Sustancias no disueltas	mg/L	580
Sólidos fijos	mg/L	81
Sólidos volátiles	mg/L	498
Sustancias disueltas	mg/L	1206
Sólidos fijos	mg/L	272
Sólidos volátiles	mg/L	934
Alcalinidad	m ácido/L	7
Grasa	mg/L	108
Nitrógeno (N)	mg/L	145
Pentóxido de fósforo (P ₂ O ₅)	mg/L	19
Potasio (K ₂ O)	mg/L	29
Calcio (CaO)	mg/L	131
Consumo de KMnO ₄	mg/L	154
DBO ₅	mg/L	838

Fuente: Ref. 12

Para la evaluación de las características de las descargas y el correspondiente balance de masa de las cargas contaminantes de este sector, se utilizará los valores de los parámetros de DBO₅ y DQO monitoreados por el CNRH en el año 2001 a los principales afluentes que descargan sobre el río Cutuchi, en donde el valor correspondiente a la DBO₅ es de 1223,1 mg/L. En este sector, cuyos efluentes son principalmente orgánicos y que para efecto de cálculo en el balance de masa del presente estudio se requiere de la concentración de la DBO_u, se utiliza 0,45 como factor de conversión de DBO₅ a DBO_u. Además, para la caracterización del caudal que descarga esta industria se utiliza el caudal calculado para una empresa siderúrgica de similares características, por lo cual los datos que se utilizan en posteriores cálculos son los siguientes:

Para animales pequeños y ganado se tiene: 1,24 m³ de A. R./animal

Para el matadero de Latacunga se tiene: 5000 animales/mes

$$\frac{1,24 \text{ m}^3}{\text{animal}} \times \frac{5000 \text{ animales}}{\text{mes}} \times \frac{1 \text{ mes}}{28 \text{ días}} \times \frac{1 \text{ día}}{86.400 \text{ Sg}} \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} = 2,56 \frac{\text{L}}{\text{Sg}} \quad (14)$$

Tabla 3-38: Valores promedio de parámetros para el camal

PARÁMETRO	VALOR
DBO _u	2718 mg/L
DQO	3398 mg/L
Caudal	2,56 L/Sg

Fuente: Ref. 36

Para el caso de la industria de embutidos se tiene los valores de la Tabla 3-35 para el balance de masa.

Tabla 3-39: Parámetros que se utilizan para el balance de masa (Para la industria de embutidos)

PARÁMETRO	VALOR
DBO _u	1850 mg/L
DQO	3000 mg/L
Caudal	1,14 L/Sg

Fuente: Ref.37

3.3.3.1.10 Aguas residuales de la producción de almidón de trigo (harinas)

La fabricación de este tipo de almidón es de características completamente diferentes a las del almidón de papa. En este caso, el apreciado gluten (vegetal) debe ser separado del almidón en la forma más completa posible.

La harina de trigo se lava en un extractor utilizando agua adicional. Las masas de gluten pasan a ser lavadas, produciendo las aguas de lavado respectivas y luego se procesan nuevamente. La solución de almidón se concentra en tanques de espesamiento, se agrega agua y, finalmente, la mezcla es separada en una centrífuga.

La cantidad de agua residual en las fábricas de almidón de trigo puede ser de 20 m³/t de trigo (Ref. 12).

Tabla 3-40: Composición de las aguas residuales provenientes de la producción de almidón de trigo

	UNIDAD	SIN RECIRCULACIÓN	CON RECIRCULACIÓN PARCIAL
pH		3,43	3,45-4,70

	UNIDAD	SIN RECIRCULACIÓN	CON RECIRCULACIÓN PARCIAL
Sólidos suspendidos	mg/L	216-283	100-2630
Sustancias sedimentables	mg/L	0,3-1,2	1,2-106
Consumo de KMnO_4	mg/L	6350-6696	8400-10200
Nitrógeno total	mg/L	334-375	222-293
Residuo seco Pérdida de ignición	mg/L	4750-5720 82-84	5370-6200 90-95
Ácidos orgánicos volátiles	mg/L	550-687	670
Prueba de azul de metileno	H	2-6	3,5
DBO_5	mg/L	4529-4620	5024-6900

Fuente: Ref. 12

En el cantón Latacunga, dentro de las industrias seleccionadas se tiene dos industrias dedicadas a la fabricación de harinas, semolina, sémola y gránulos de trigo, centeno, avena, maíz y otros cereales y una de menor capacidad dedicada a la producción de harinas y balanceados. Las industrias están ubicadas en el área urbana del cantón, en el sector de Juan Montalvo y La Matriz. Una de estas industrias (Molinos Poulter) está prácticamente a lado del río Cutuchi y sus descargas se hacen de manera directa a través de un tubo.

Para el correspondiente balance de masa de las cargas contaminantes de este sector, se utilizará los valores de los parámetros de DBO_5 y DQO, monitoreados por el CNRH en el año 2001 a los principales afluentes que descargan sobre el río Cutuchi, en donde el valor correspondiente a la DBO_5 es de 95,58 mg/L. En este sector, cuyos efluentes son principalmente orgánicos y que para efecto de cálculo en el balance de masa del presente estudio se requiere de la concentración de la DBO_u , se utiliza 0,45 como factor de conversión de DBO_5 a DBO_u .

Tabla 3-41: Valores de parámetros de industria harinera de gran tamaño

PARÁMETRO	VALOR
DBO_u	212,4 mg/L

DQO	333,5 mg/L
Caudal	39,35 L/Sg

Fuente: Ref. 36

Para el caso de la industria más pequeña, dedicada a la producción de harinas y balanceados, se ha tomado los mismos valores divididos para la mitad por su menor tamaño de producción.

CAPÍTULO IV

4 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 COMPARACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS INDUSTRIALES Y DOMÉSTICAS CON EL TULSMA

Para conocer el grado de cumplimiento de las descargas contaminantes caracterizadas de las industrias asentadas alrededor del río Cutuchi con la normativa vigente (TULSMA), se presenta la Tabla 4-1 comparativa, donde se lista la carga contaminante por parámetro y tipo de industria.

Tabla 4-1: Comparación de parámetros caracterizados de las descargas residuales por sector industrial

TIPO DE INDUSTRIA	CARACTERIZADOS		LÍMITE MÁXIMO DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE		LÍMITE MÁXIMO DE DESCARGA AL ALCANTARILLADO	
	DQO (MG/L)	DBO (MG/L)	DQO (250 MG/L)	DBO (147 MG/L)	DQO (500 MG/L)	DBO (367 MG/L)
Harinera (Pequeña)	166,75	106,2	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Embutidos	3398	2718	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
Láctea (Grande)	1781,16	1229	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
Láctea (Pequeña)	445,29	307,25	No cumple	No cumple	Cumple	Cumple
Estación de servicio	228,79	159,65	Cumple	No cumple	Cumple	Cumple
Lubricadora	500,77	232,25	No cumple	No cumple	No cumple	Cumple
Metalúrgica (acero)	17	10	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Industria textil	293	138	No cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Industria papelera	849,3	247	No cumple	No cumple	No cumple	Cumple
Industria maderera	12	5	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Florícola*	187,81	110,48	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Matadero (Camal)	3398	2718	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
Harinera (Grande)	333,5	212,4	No cumple	No cumple	Cumple	Cumple
Descargas	399	208	No cumple	No cumple	-	-

TIPO DE INDUSTRIA	CARACTERIZADOS		LÍMITE MÁXIMO DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE		LÍMITE MÁXIMO DE DESCARGA AL ALCANTARILLADO	
	DQO (MG/L)	DBO (MG/L)	DQO (250 MG/L)	DBO (147 MG/L)	DQO (500 MG/L)	DBO (367 MG/L)
domésticas						
Estos parámetros aplican al límite máximo permisible de descarga expresado en el TULSMA						
*Para el caso de estas industrias, debido a que los parámetros de DBO y DQO son en función de las hectáreas que se cultivan, los valores expresados en esta tabla corresponden al promedio del total de florícolas identificadas en el presente trabajo.						

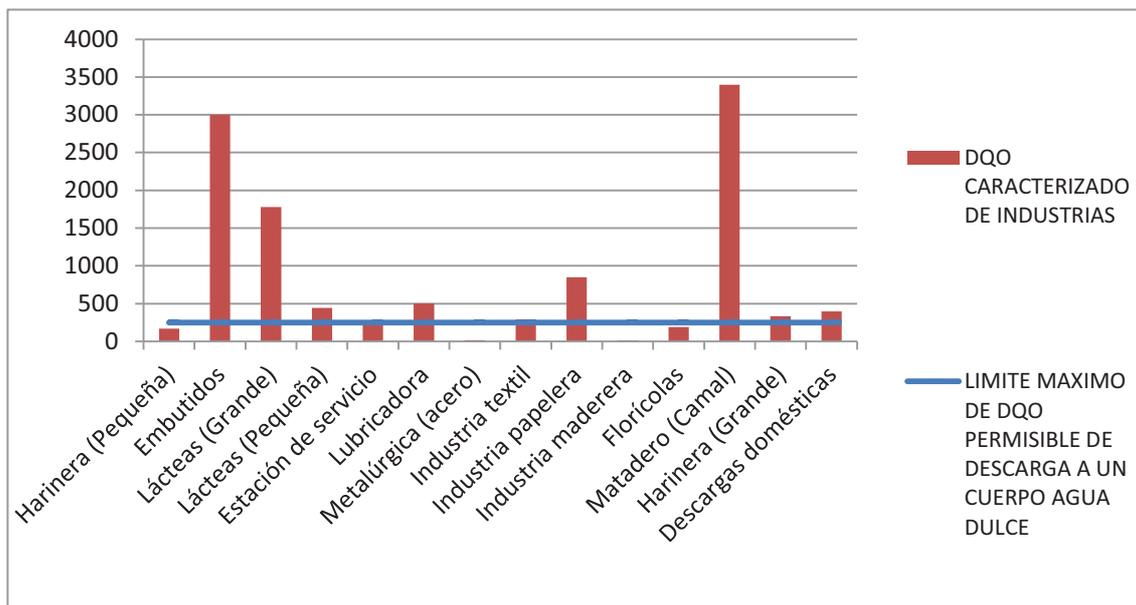
Elaborado por: Molina B. y Gaviláñez J.

En la Tabla 4-1 se comparan los valores caracterizados para cada sector industrial, o sea son los valores que se toman en cuenta. Estos valores no representan el monto total de las descargas de todas las industrias registradas y que al momento de ingresar al cuerpo de agua receptor tienen importancia en la degradación del recurso, sino que se trabajó con las más representativas. Además, dentro de este grupo de industrias también se involucran las descargas residuales domésticas, con el propósito de verificar su cumplimiento a la normativa.

En la Figura 4-1 y Figura 4-2 se presentan los valores promedio de descarga de las industrias, comparados con el límite máximo permisible de descarga a un cuerpo de agua dulce.

En las Figura 4-3 y Figura 4-4 se presentan los valores promedio de descarga de las industrias consideradas en este trabajo, comparados con el límite máximo permisible de descarga al sistema de alcantarillado.

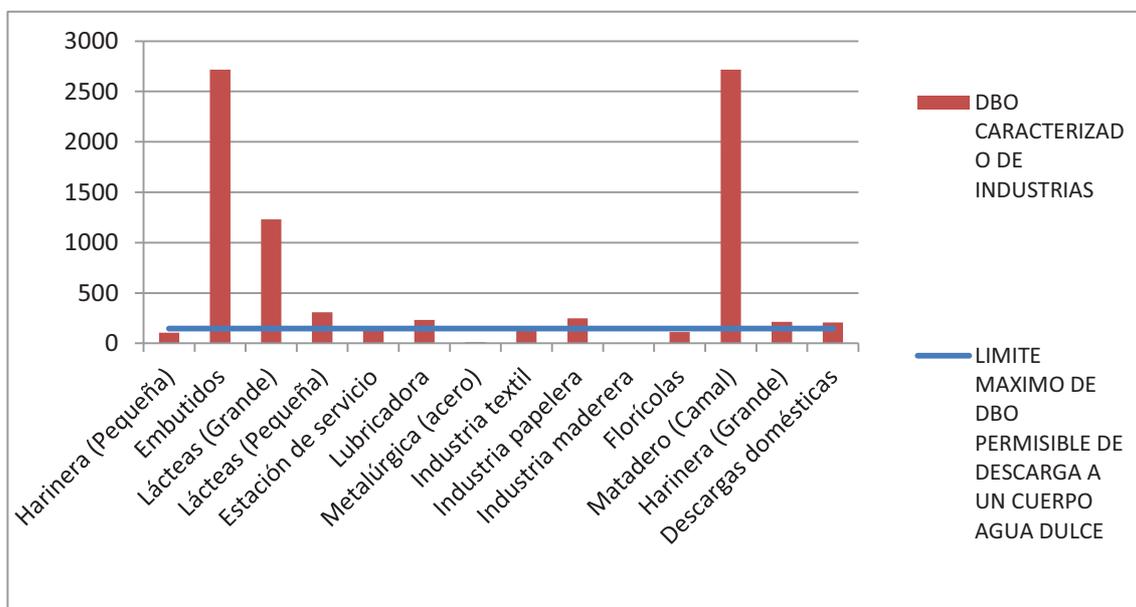
Figura 4-1: Comparación de la DQO de las descargas residuales por sector industrial



Parámetros con el límite máximo permisible para descarga a un cuerpo de agua dulce del TULSMA

Elaborado por: Molina B. y Gaviláñez J.

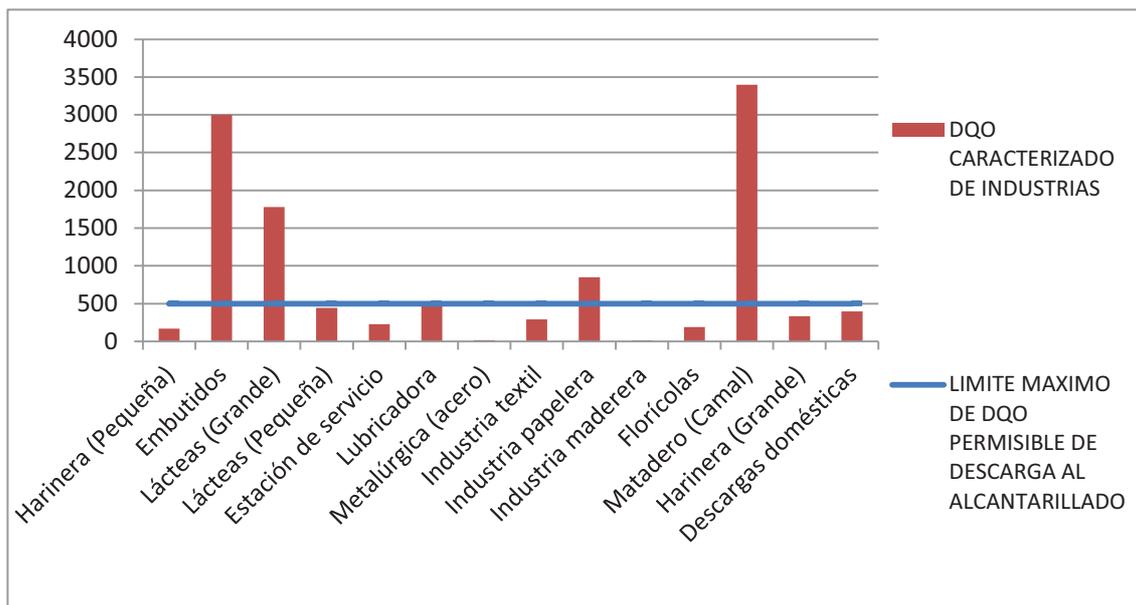
Figura 4-2: Comparación de la DBO de las descargas residuales por sector industrial



Parámetros con el límite máximo permisible para descarga a un cuerpo de agua dulce del TULSMA

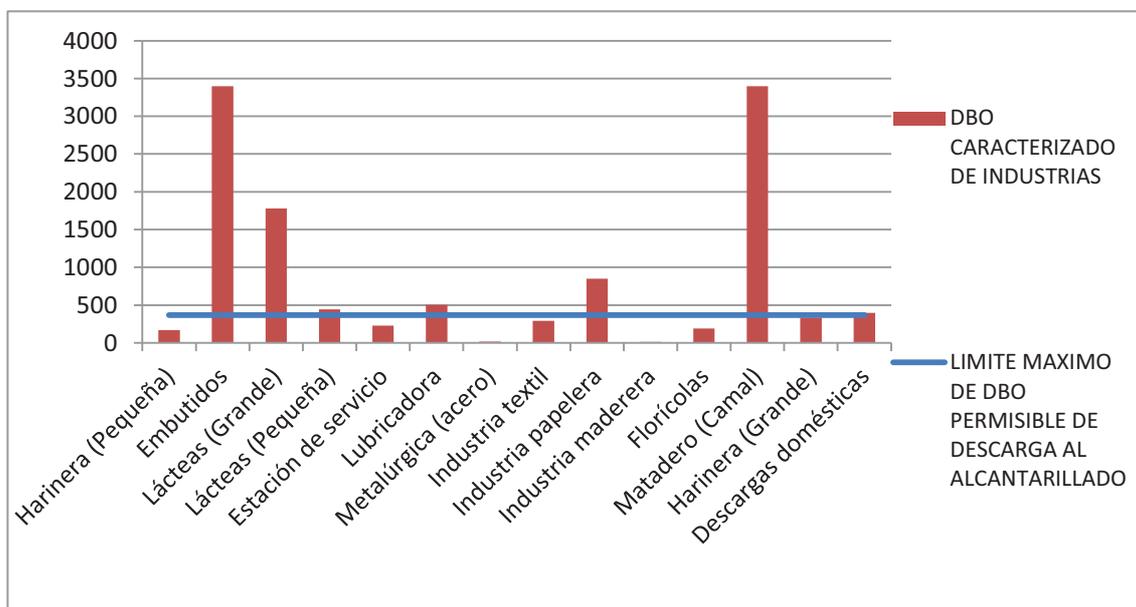
Elaborado por: Molina B. y Gaviláñez J.

Figura 4-3: Comparación de la DQO de las descargas residuales por sector industrial



Parámetros con el límite máximo permisible para descarga al alcantarillado del TULSMA
Elaborado por: Molina B. y Gaviláñez J.

Figura 4-4: Comparación de la DBO de las descargas industriales



Parámetros con el límite máximo permisible para descarga al alcantarillado del TULSMA
Elaborado por: Molina B. y Gaviláñez J.

Alrededor del 64% de las industrias, incluidas las descargas residuales domésticas, no cumple con los límites máximos permisibles para descargar sus

aguas a un cuerpo de agua dulce, tanto para la DQO como para la DBO. Mientras que los 39% y 33% del sector industrial, sin incluir las descargas residuales domésticas, no cumplen con los límites máximos permisibles para descargar sus aguas al alcantarillado, en cuanto a la DQO y DBO respectivamente.

4.2 BALANCE DE MASA DE CARGAS CONTAMINANTES

Para el balance de masa de cargas contaminantes, se toma como límites de referencia de muestreo del río Cutuchi los puntos C1, C2 y C3 (Diagnóstico contaminación cuenca del río Cutuchi, SENAGUA), donde dichos puntos de muestreo tienen la siguiente descripción:

C1: Ubicado en el camino al refugio del Cotopaxi, en el puente Roto en las coordenadas 769028E 9921814N a 3125 msnm. En este punto no se evidencia ninguna alteración a la calidad de sus aguas. Los resultados preliminares en relación a la temperatura del agua es de 8,3 °C, pH: 7,35 y un caudal aproximado de 0,41m³/s.

Para efecto del cálculo en el balance de masa, se requiere de la DBO_u por lo que para la relación DBO₅/DBO_u se utiliza el factor de conversión de 0,68 debido a que la diferencia entre la DQO y DBO₅ es un valor pequeño; además, que en este sector del río no se evidencia presencia de zonas industriales, y que la población ubicada aguas arriba de esta sección de monitoreo descarga directamente sus aguas residuales domésticas dando origen a que esta agua posea concentraciones de carácter orgánico.

C2: Ubicado en el puente de ingreso al poblado de Alaquez después del campamento militar, a esta altura el río ha recibido descargas de la ciudad del campamento militar y ha recibido aguas del río Saquimala. Este punto está ubicado en las coordenadas 765167E 9905897N a 2866 msnm. La temperatura del agua es de 13,6 °C, pH: 7,49 y caudal aproximado de 4,10 m³/s.

Con el propósito del análisis que se efectúa en el presente estudio, se requiere del valor de la DBO_u, por lo que para la relación DBO₅/DBO_u se utiliza el factor de conversión de 0,57, valor que resulta del promedio de los límites del intervalo de variación de esta relación, debido a que en este sector del río se observa

contaminación de carácter doméstico e industrial, ya que el punto de monitoreo se encuentra bajo la influencia del sector industrial de Lasso, así como también de las poblaciones rurales que descargan sus efluentes directamente en el río.

C3: Ubicado en el puente a Tiobamba, después de la junta con el río Pumancuchi, que transporta las aguas servidas de Saquisilí (en este punto dichas descargas están disueltas) y las aguas servidas de los barrios del sector oeste de la ciudad. Sus coordenadas son 765486E 9892882N a 2721 msnm. La temperatura del agua es de 18,8 °C, pH: 7,67 y caudal aproximado de 4,50 m³/s.

Para efecto del mismo análisis que se realiza en este estudio, se requiere de la DBO_u, por lo que para la relación DBO₅/DBO_u se utiliza el factor de conversión de 0,57, valor que resulta del promedio de los límites del intervalo de variación de esta relación, debido a que en este sector del río se observa contaminación de carácter doméstico e industrial, ya que el punto de monitoreo se encuentra bajo la influencia del sector industrial aguas arriba e industrias localizadas en el área urbana. Así, también esta población descarga sus efluentes directamente en el río, sin previo tratamiento.

Los valores obtenidos en el muestreo realizado por el Ministerio del Ambiente en el año 2010 para los puntos C1, C2 y C3, presentan en la Tabla 4-2.

Tabla 4-2: Valores de DBO_u, DQO y caudal para los puntos C1, C2 y C3

PARÁMETRO	C1	C2	C3
DBO _u (mg/L)	5,14	21,22	22,63
DQO (mg/L)	5,3	25,3	26,8
Caudal (L/s)	410	4190	4500
Carga contaminante DBO _u (mg/s)	2107,4	88.911,8	101,842,1
Carga contaminante DQO (mg/s)	2173	93.437	120.600

Fuente: Ref. 22

Sobre la base de los tres puntos monitoreados por la SENAGUA en el año 2010, en el presente estudio se forman tres tramos para el balance de masa, los cuales se pueden observar en el Anexo 2 (Mapa: Río Cutuchi dividido en tramos para balance de masa). Los tramos se han formado de acuerdo a las industrias que se agrupan en su área de influencia; estos tres tramos se describen a continuación:

Sistema 1 (C0-C1): El sistema está formado por 15,48 kilómetros de río, dentro de las secciones monitoreadas C0-C1, que corresponde al tramo inicial del río Cutuchi, de Norte a Sur, en la provincia de Cotopaxi. En este primer sistema, de acuerdo a la información tomada en campo, no se encuentran industrias dentro de su área de influencia.

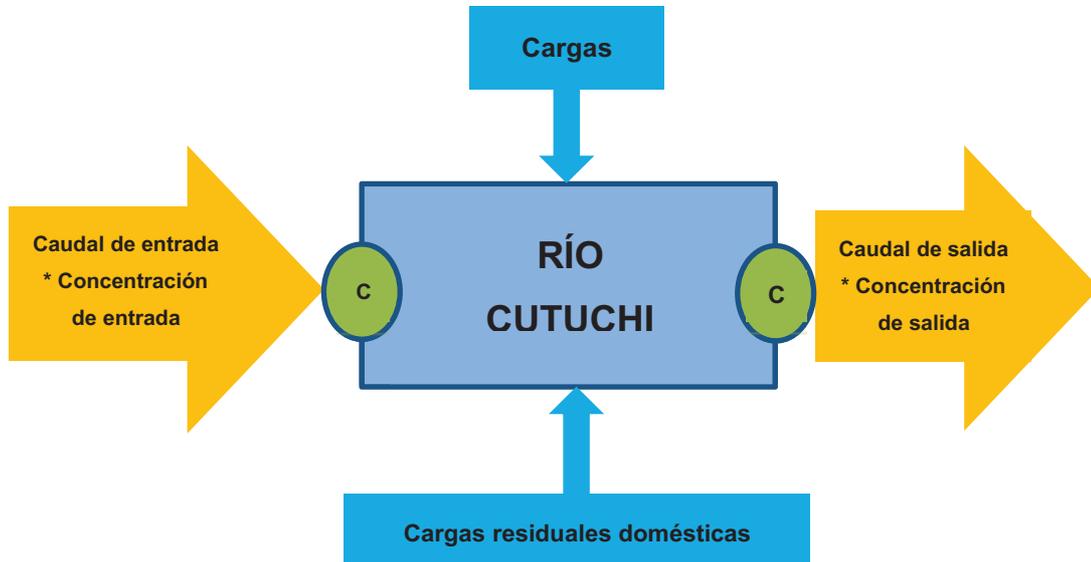
Sistema 2 (C1-C2): El sistema está formado por 18,30 kilómetros de río, dentro de las secciones monitoreadas C1-C2 en sentido Norte-Sur; es el segundo tramo del río Cutuchi, dentro del límite provincial. En este sistema se identifica la mayor parte de industrias, las cuales realizan sus descargas directamente sobre el río o en afluentes directos de este.

Sistema 3 (C2-C3): En sentido Norte-Sur es el último sistema formado con 14,02 kilómetros de río, dentro de las secciones monitoreadas C2-C3. En este tramo del río se observan varias industrias y empresas ubicadas a lo largo del río Cutuchi o sus principales afluentes. Además, en este sistema se presentan como principales descargas las aguas residuales domésticas provenientes de la población de la ciudad de Latacunga.

4.2.1 DESCRIPCIÓN DEL BALANCE DE MASA

Para el presente estudio se realiza un balance de masa, para cargas orgánicas e inorgánicas, utilizando la DQO como indicador de estas cargas contaminantes; además, se realiza un balance de masa exclusivamente para cargas orgánicas, utilizando la DBO como indicador para los balances de masa que se desarrollan en el esquema general de la Figura 4-5.

Figura 4-5: Esquema general del balance de masa de cargas contaminantes del río Cutuchi



Elaborado por: Molina B. Gavilánez J.

$$E = S \quad (15)$$

$$Q_r * C_r + Q_{ai} * C_{ai} + Q_{ad} * C_{ad} = Q_m * C_m \quad (16)$$

$$CC_r + CC_i + CC_d = Q_m * C_m \quad (17)$$

$$Q_m * C_m = \frac{X \text{ mg}}{s} \quad (18)$$

Donde:

Q_r: Caudal del río al ingreso del sistema

C_r: Concentración de DBO_u o DQO del río al ingreso del sistema

Q_{ai}: Caudal de aguas residuales industriales

C_{ai}: Concentración de DBO_u o DQO de las aguas residuales industriales

Q_{ad}: Caudal de aguas residuales domésticas

C_{ad}: Concentración de DBO_u o DQO de las aguas residuales domésticas

CCr: Carga contaminante del río al ingreso del sistema

CCi: Carga contaminante de las aguas residuales industriales

CCd: Carga contaminante de las aguas residuales domésticas

Qm: Caudal de mezcla

Cm: Concentración de mezcla

4.2.2 BALANCE DE MASA EN EL SISTEMA 1(C0-C1)

Este es el tramo inicial del análisis, se podría considerar que son aguas relativamente limpias por prácticamente no tener influencia antrópica en sus aguas; la influencia antrópica más cercana es aguas abajo en el siguiente tramo de análisis. Sin embargo, podrían existir ciertas industrias, poblados muy pequeños o características propias del origen del río, los cuales estén aportando cierta cantidad de contaminación a las aguas del tramo inicial considerado para este estudio.

La carga contaminante proveniente del punto de muestreo C1 para DBO_u y DQO es la siguiente:

Tabla 4-3: Valores de DBO_u , DQO y caudal en el punto de muestreo C1

PARÁMETRO	VALOR
DBO_u (mg/L)	5,14
DQO (mg/L)	5,3
Caudal (L/s)	410

Fuente: Ref. 22

Carga contaminante en el punto de muestreo C1 para la DBO_u :

$$\frac{5,14 \text{ mg}}{L} \times \frac{410 \text{ L}}{s} = 2107,4 \frac{\text{mg}}{s} = 7,58 \frac{\text{kg}}{h} \quad (19)$$

Carga contaminante en el punto de muestreo C1 para la DQO:

$$\frac{5,3 \text{ mg}}{L} \times \frac{410 \text{ L}}{s} = 2173 \frac{\text{mg}}{s} = 7,82 \frac{\text{kg}}{h} \quad (20)$$

Estas son las cargas contaminantes con que el sistema C0-C1 descarga sus aguas hasta donde inicia el siguiente sistema de análisis.

4.2.3 BALANCE DE MASA EN EL SISTEMA 2 (C1-C2)

En este tramo de análisis están asentadas muchas industrias de diferentes ramas, principalmente por su número: florícolas y lácteas. Esta zona se localiza a la altura de Lasso y sus alrededores.

Las entradas del balance para esta sección son las siguientes:

1. Carga contaminante del sistema C0-C1
2. Cargas contaminantes industriales

- Carga de mezcla del sistema 1

La carga total que sale de este sistema para DBO_u es 7,58 kg/h, mientras que para la DQO es 7,82 kg/h.

- Descargas residuales industriales

En la Tabla 4-4 se presenta la lista de industrias asentadas en este tramo de análisis:

Tabla 4-4: Industrias asentadas en el sistema C1-C2

N°	ACTIVIDAD DE LA EMPRESA	NOMBRE DE LA EMPRESA	SECTOR
1	Florícola	Ever Green Roses 1	Aláquez
2	Florícola	Ever Green Roses 2	Aláquez
3	Florícola	Rosalquez	Aláquez
4	Florícola	MariasFlowers	Aláquez
5	Florícola	Nintanga S.A.	Guaytacama
6	Florícola	JardinesPiavieri	J. Guango Bajo
7	Florícola	Diamond Rose	J. Guango Bajo
8	Florícola	Agrogana	J. Guango Bajo
9	Florícola	Agriful	Mulaló
10	Florícola	Agrocoex	Mulaló
11	Florícola	EQR 2 La Ciénega	Mulaló
12	Florícola	Valde de Sol	Mulaló

N°	ACTIVIDAD DE LA EMPRESA	NOMBRE DE LA EMPRESA	SECTOR
13	Florícola	Tambo Roses	Mulaló
14	Florícola	La Rosaleda	Mulaló
15	Florícola	Pambaflor S.A.	Mulaló
16	Florícola	Sierra Flor	Mulaló
17	Florícola	EQR San Luis	Mulaló
18	Florícola	Rose Succes	Tanicuchi
19	Florícola	NativeBlooms	Tanicuchi
20	Florícola	Exrocob	Tanicuchi
21	Florícola	Rose&Rose	Tanicuchi
22	Florícola	Petyros	Tanicuchi
23	Florícola	Flores del Cotopaxi	Tanicuchi
24	Florícola	SisariFarmas	Tanicuchi
25	Florícola	NineFlowers	Tanicuchi
26	Florícola	Provefrut	Guaytacama
27	Florícola	Nova S.A.	Tanicuchi
28	Florícola	Pilvicsa La Victoria	Guaytacama
29	Harinera	Safesa	Mulaló
30	Embutidos	Casa Guillo	Guaytacama
31	Estación de Servicio	Ventura	Guaytacama
32	Estación de Servicio	Cotopaxi	Pastocalle
33	Estación de Servicio	Lasso	Pastocalle
34	Estación de Servicio	Mulaló	Mulaló
35	Estación de Servicio	El Progreso	Pastocalle
36	Estación de Servicio	La Dolorosa	Tanicuchi
37	Industria Láctea	Parmalat	Pastocalle
38	Industria Láctea	Tanicuchi	Tanicuchi
39	Industria Láctea	Indulac	Tanicuchi
40	Industria Láctea	Avelito S.A.	Tanicuchi
41	Industria Láctea	Morales	Tanicuchi
42	Lubricadora	Reina del Quinche	Tanicuchi
43	Lubricadora	Morales	Tanicuchi
44	Lubricadora	Reina de Baños	Tanicuchi
45	Industria maderera	Aglomerados Cotopaxi	Tanicuchi
46	Industria Papelera	Familia Sancela	Guaytacama
47	Metalúrgica (Acero)	Novacero	Guaytacama

N°	ACTIVIDAD DE LA EMPRESA	NOMBRE DE LA EMPRESA	SECTOR
48	Industria textil	Textiles Salazar	Tanicuchi

Elaborado por: Molina B. y Gaviláñez J.

En la Tabla 4-5 se presentan las cargas contaminantes totales de todas las ramas industriales asentadas en el sistema C1-C2 del área de influencia.

Tabla 4-5: Cargas contaminantes de todas las ramas industriales asentadas en el sistema C1-C2

TIPO DE INDUSTRIA	CANTIDAD	DBO _U (MG/L)	DQO (MG/L)	CAUDAL (L/S)	CARGA CONTAMINANTE DBO (KG/H)	CARGA CONTAMINANTE DQO (KG/H)
Harinera (pequeña)	1	236	166,75	19,68	16,72	11,81
Embutidos	1	1850	3000	1,14	7,59	12,31
Láctea (grande)	3	1807,35	1781,16	0,0016	0,01	0,01
Láctea (pequeña)	2	451,84	445,29	0,0004	0,00	0,00
Estación de servicio	6	234,77	243,5	0,18	0,15	0,16
Lubricadora	3	341,54	500,77	0,16	0,20	0,29
Metalúrgica (acero)	1	14,7	17	0,0421	0,00	0,00
Industria textil	1	202,94	293	0,26	0,19	0,27
Industria papelera	1	548,9	849,3	30	59,28	91,72
Industria maderera	1	11,11	12	2,22	0,09	0,10
Florícola	28	9,76/ha	20,11/ha	12,84	6,31	13,00
TOTAL				66,5241	90,54	129,68

Elaborado por: Molina B. y Gaviláñez J.

- Balance de masa del sistema 2

$$E = S \quad (21)$$

$$Q_r C_r + Q_{ai} * C_{ai} + Q_{ad} * C_{ad} = Q_m * C_m \quad (22)$$

$$CC_r + CC_i + CC_d = Q_m * C_m \quad (23)$$

$$Qm * Cm = \frac{Xmg}{L} \quad (24)$$

$$\frac{Xmg (DBO)}{L} = \frac{98,12 \text{ kg}}{h} \quad (25)$$

$$\frac{Xmg (DQO)}{L} = \frac{137,50 \text{ kg}}{h} \quad (26)$$

De acuerdo a las cargas contaminadas obtenidas se pueden calcular los valores de caudal, DBO_u y DQO, por cada sector que aporta al río. Estos valores se presentan en la Tabla 4-6:

Tabla 4-6: Valores parciales por sectores aportantes en el sistema C1-C2

	CAUDAL TOTAL (M ³ /H)	CARGA CONTAMINANTE DBO (KG/H)	DBO CAL (MG/L)	CARGA CONTAMINANTE DQO (KG/H)	DQO CAL (MG/L)
Industrias	239,5	90,54	378,1	129,68	541,5
Sistema 1	1476	7,58	5,1	7,82	5,3
Total	1715,49	98,12	57,2	137,50	80,2

Elaborado por: Molina B. y Gavilánez J.

Al comparar los valores de caudal total aportado por los sectores que se establecen para el balance de masa en el sistema 1 con el caudal muestreado por la SENAGUA (15.084 m³/h), la diferencia entre estos dos valores representa el 89% del caudal total muestreado, esto es debido a factores que no se toman en cuenta para el balance, como es el caso de riachuelos que se unen al río Cutuchi, agua proveniente del sector agrícola y aguas residuales domesticas de pequeñas poblaciones asentadas cerca de este; sin embargo, para efectos de comparación con los valores de DBO_u y DQO monitoreados por la SENAGUA, se toma el valor del caudal total muestreado para obtener una DBO_u y DQO calculada en función de este valor. Los valores calculados se presentan en la Tabla 4-7, y en la Tabla 4-8 el porcentaje de la diferencia entre la DQO y DBO_u .

Tabla 4-7: Valores ajustados con el caudal muestreado en el sistema C1-C2

	CAUDAL TOTAL (M ³ /H)	CARGA CONTAMINANTE DBO (KG/H)	DBO CAL (MG/L)	CARGA CONTAMINANTE DQO (KG/H)	DQO CAL (MG/L)
Industrias	239,5	90,54	378,1	129,68	541,5
Sistema 1	1476	7,58	5,1	7,82	5,3
Total	1715,49	98,12	57,2	137,50	80,2
Total 2	15084 *		6,5 **		9,1**

* Valor del caudal muestreado por la SENAGUA

** Valores calculados con el caudal muestreado por la SENAGUA; con las siguientes fórmulas:

$$DBO_u = \frac{\text{Carga contaminante}}{\text{Caudal total 2}}; DQO = \frac{\text{Carga contaminante}}{\text{Caudal total 2}}$$

Elaborado por: Molina B. y Gaviláñez J.

En la Tabla 4-8 se muestran los valores de DBO y DQO para el sector industrial; el sistema y el valor monitoreado por la SENAGUA en la sección C1-C2.

Tabla 4-8: Tabla comparativa entre los valores calculados y monitoreados en el sistema C1-C2

	DBO CAL (MG/L)	DQO CAL (MG/L)	DBO MONITOREADO (MG/L)	DQO MONITOREADO (MG/L)
Industrias	378,08	541,50		
Sistema 1	5,14	5,30		
Total 2	6,51	9,12	21,22	25,30

Elaborado por: Molina B. y Gaviláñez J.

4.2.4 BALANCE DE MASA EN EL SISTEMA 3 (C2-C3)

Para el balance que se realiza en este tramo se toma como entradas los siguientes afluentes:

1. Carga de mezcla del sistema 2
 2. Descargas residuales industriales
 3. Descargas residuales domésticas de Latacunga
- Carga de mezcla del sistema 2

La carga total que sale de este sistema para la DBO_u es 98,12 kg/h, mientras que para la DQO es 137,5 kg/h

- Descargas residuales industriales

Las industrias que están localizadas alrededor de este sistema son las mostradas en la Tabla 4-9.

Tabla 4-9: Industrias ubicadas alrededor del sistema C2-C3

N°	ACTIVIDAD DE LA EMPRESA	NOMBRE DE LA EMPRESA	SECTOR
1	Estación de Servicio	Bellavista	Aláquez
2	Estación de Servicio	Corazón de Jesús	Aláquez
3	Estación de Servicio	Divino Niño	Eloy Alfaro
4	Estación de Servicio	Silva	Ignacio Flores
5	Estación de Servicio	Latacunga	Ignacio Flores
6	Estación de Servicio	El Fogón	La Matriz
7	Estación de Servicio	El terminal	La Matriz
8	Estación de Servicio	Mama Negra	La Matriz
9	Estación de Servicio	Sindicato de Choferes Cotopaxi	La Matriz
10	Estación de Servicio	Manuel Albán	La Matriz
11	Estación de Servicio	Avelino	Pastocalle
12	Estación de Servicio	Virgen de las Mercedes	San Buenaventura
13	Florícola	SanbelFlowers CIA. LTDA.	Aláquez
14	Florícola	Megaroses	Aláquez
15	Florícola	Santa Mónica CIA. LTDA.	Aláquez
16	Florícola	HaghlndProfarm	Aláquez
17	Florícola	Eastman Pérez CIA LTDA.	Aláquez
18	Florícola	S/N	Aláquez
19	Florícola	Rosel y Flower	Mulaló
20	Industria Alimenticia	Molinos Oro Blanco	Juan Montalvo
21	Industria Alimenticia	Molinos Poultier	La Matriz
22	Lubricadora	Corazón de Jesús	Aláquez
23	Lubricadora	Cali	Aláquez
24	Lubricadora	Mi lindo Ecuador	Aláquez
25	Lubricadora	Cando	Eloy Alfaro
26	Lubricadora	Lubricar	Eloy Alfaro
27	Lubricadora	San Felipe	Eloy Alfaro
28	Lubricadora	El Spa del Trailer	Eloy Alfaro
29	Lubricadora	Amigo del Transporte	Eloy Alfaro
30	Lubricadora	Osorio	Eloy Alfaro
31	Lubricadora	Su Escania Programada	Ignacio Flores

N°	ACTIVIDAD DE LA EMPRESA	NOMBRE DE LA EMPRESA	SECTOR
32	Lubricadora	Cash-Wash	Ignacio Flores
33	Lubricadora	Lubrimotos	Ignacio Flores
34	Lubricadora	Lubrisur	Ignacio Flores
35	Lubricadora	Niño Jesús	Mulaló
36	Lubricadora	Novi	San Buenaventura
37	Lubricadora	Lubrinorte	San Buenaventura
38	Lubricadora	Canelosa	San Buenaventura
39	Lubricadora	Reina del Cisne	San Buenaventura
40	Lubricadora	Bellavista	San Buenaventura
41	Lubricadora	Martínez	San Buenaventura
42	Metalúrgica (acero)	Industria del Acero	Ignacio Flores
43	Saneamiento	Camal Latacunga	Eloy Alfaro

Elaborado por: Molina B. y Gaviláñez J.

La carga contaminante correspondiente al sector industrial de este sistema está en la Tabla 4-10.

Tabla 4-10: Cargas contaminantes de las industrias localizadas en el sistema C2-C3

TIPO DE INDUSTRIA	NÚMERO	DBO (MG/L)	DQO (MG/L)	CAUDAL (L/S)	CARGA TOTAL DBO (KG/H)	CARGA TOTAL DQO (KG/H)
Matadero (camal)	1	2718	3398	2,56	25,05	31,32
Harinera (grande)	2	212,4	333,5	39,35	30,09	47,24
Estación de Servicio	12	234,77	243,5	0,18	0,15	0,16
Florícola	7	9,76 Ha	20,11/ha	2,2	0,61	1,26
Lubricadora	20	341,54	500,77	0,16	0,20	0,29
Metalúrgica (acero)	1	14,7	17	0,004	0,00	0,00
			Total carga	44,454	56,10	80,26

Elaborado por: Molina B. y Gaviláñez J.

- Descargas residuales domésticas

Para determinar la carga contaminante de las aguas residuales de la ciudad de Latacunga, se presentan los resultados en la Tabla 4-11.

Tabla 4-11: Cargas contaminantes de las industrias localizadas en el sistema C2-C3

CIUDAD	DBO (MG/L)	DQO (MG/L)	CAUDAL (L/S)	CARGA TOTAL DBO (KG/H)	CARGA TOTAL DQO (KG/H)
Latacunga	305,88	399	147,78	162,73	212,27

Elaborado por: Molina B. y Gaviláñez J.

- Balance de masa del sistema 3

$$E = S \quad (27)$$

$$Q_r C_r + Q_{ai} * C_{ai} + Q_{ad} * C_{ad} = Q_m * C_m \quad (28)$$

$$CC_r + CC_i + CC_d = Q_m * C_m \quad (29)$$

$$Q_m * C_m = \frac{Xmg}{L} \quad (30)$$

$$\frac{Xmg (DBO)}{L} = \frac{316,95 \text{ kg}}{h} \quad (31)$$

$$\frac{Xmg (DQO)}{L} = \frac{430,04 \text{ kg}}{h} \quad (32)$$

Con las cargas contaminantes obtenidas se pueden calcular los valores de caudal, DBO_u y DQO, por cada sector que aporta al río. Estos valores se presentan en la Tabla 4-12:

Tabla 4-12: Valores parciales por sectores aportantes en el sistema C2-C3

	CAUDAL TOTAL (M3/H)	CARGA CONTAMINANTE DBO (KG/H)	DBO CAL (MG/L)	CARGA CONTAMINANTE DBO (KG/H)	DQO CAL (MG/L)
Industrias	160,03	56,10	350,5	80,26	501,5
Domésticas	532	162,73	305,9	212,27	399,0
Sistema 2	1715,49	98,12	57,2	137,50	80,2
Total	2407,52	316,95	131,7	430,04	95,6

Elaborado por: Molina B. y Gaviláñez J.

Al realizar una comparación entre los valores de caudal total, aportado por los sectores que se establecen para el balance de masa en el sistema 2, con el

caudal muestreado por la SENAGUA (16.200 m³/h), la diferencia entre estos dos valores representa el 85% del caudal total muestreado; esta diferencia puede estar relacionada a factores que no se tomaron en cuenta para este balance de masa, como es el caso de caudales y demás parámetros de riachuelos que se unen al río Cutuchi, agua proveniente del sector agrícola y aguas residuales domésticas de pequeñas poblaciones pertenecientes a las parroquias rurales del cantón Latacunga asentadas cerca del río. Sin embargo, para efectos de comparación con los valores de DBO_u y DQO monitoreados por la SENAGUA, se toma el valor del caudal total muestreado para obtener una DBO_u y DQO calculada en función de este valor. Los valores calculados se presentan en la Tabla 4-13, y la Tabla 4-14 muestra el porcentaje de la diferencia entre la DQO y DBO_u.

Tabla 4-13: Valores ajustados con el caudal muestreado en el sistema C2-C3

	CAUDAL TOTAL (M3/H)	CARGA CONTAMINANTE DBO (KG/H)	DBO CAL (MG/L)	CARGA CONTAMINANTE DQO (KG/H)	DQO CAL (MG/L)
Industrias	160,03	56,10	350,5	80,26	501,5
Domésticas	532	162,73	305,9	212,27	399,0
Sistema 2	1715,49	98,12	30,0	137,50	15,7
Total	2407,52	316,95	131,7	430,04	178,6
Total 2	16200*		19,6**		26,5**

* Valor muestreado por la SENAGUA

** Valores calculados con el caudal muestreado por la SENAGUA; con las siguientes fórmulas:

$$DBO_u = \frac{\text{Carga contaminante}}{\text{Caudal total 2}}; DQO = \frac{\text{Carga contaminante}}{\text{Caudal total 2}}$$

Elaborado por: Molina B. y Gaviláñez J.

Tabla 4-14: Tabla comparativa entre los valores calculados y monitoreados en el sistema C2-C3

	DBO CAL (MG/L)	DQO CAL (MG/L)	DBO MONITOREADO (MG/L)	DQO MONITOREADO (MG/L)
Industrias	350,53	501,54		
Domésticas	305,88	399,00		
Sistema 2	30,00	15,69		
Total 2	19,60	26,50	22,63	26,80

Elaborado por: Molina B. y Gaviláñez J.

De acuerdo a los valores de DBO y DQO calculados en la Tabla 4-14 (total 2) y comparados con los valores monitoreados por la SENAGUA, estos valores presentan similitud, lo cual permite evidenciar que el balance de masa propuesto se ha realizado de manera correcta, y además permite identificar de forma individual la influencia de los sectores que aportan al río Cutuchi. Por los resultados obtenidos, se muestra que las industrias son el sector que tiene mayor influencia sobre el río.

4.3 DISTRIBUCIÓN DE LA CARGA CONTAMINANTE EN EL ÁREA DE ANÁLISIS DEL RÍO CUTUCHI

El análisis está basado en tres sistemas, donde en el primero de ellos se tiene poca contaminación por considerar que es el punto de inicio dentro del área de influencia; el segundo se caracteriza por tener contaminación principalmente de carácter industrial; y, en el tercer tramo se presentan dos tipos de contaminación, tanto de descargas industriales como descargas domésticas.

Con el fin de observar la contaminación que se produce a lo largo del río Cutuchi, se ha tomado una distribución homogénea de cada rama industrial como una descarga puntual, por lo que estas descargas se han ubicado a iguales distancias a lo largo de cada tramo, y se puede identificar la contribución de carga orgánica que las descargas originan en el río. Cabe recalcar que para este análisis no se ha tomado en cuenta la autodepuración que posee este río.

En la Tabla 4-15, Figura 4-6 y Figura 4-7 se presenta la carga contaminante, tanto de DBO como de DQO, para cada sistema en las diferentes ramas industriales y la distancia proporcional dentro de cada tramo de análisis.

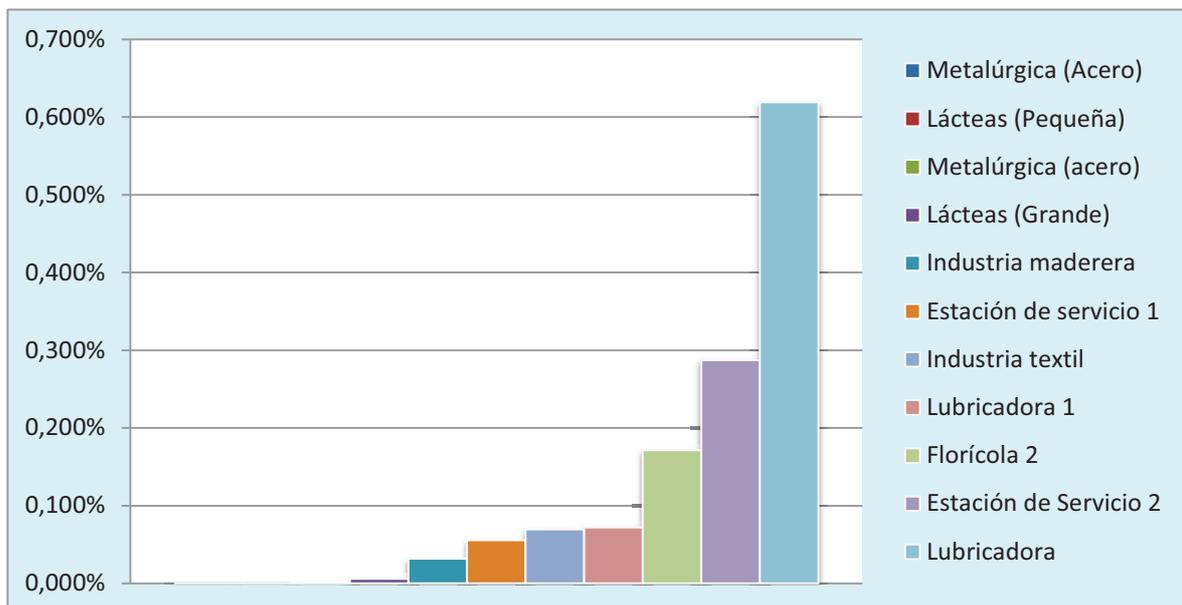
Tabla 4-15: Distribución de cargas contaminantes a los largo de los sistemas de análisis

	TIPO DE INDUSTRIA	CARGA CONTAMINANTE DBO (KG/DÍA)	CARGA CONTAMINANTE DQO (KG/DÍA)	DISTANCIA [KM]	DISTANCIA ACUMULADA [KM]
Sistema 1		487,08	646,49	15,48	15,48
Sistema 2	Harinera (pequeña)	250,41	393,18	1,66	17,14

	TIPO DE INDUSTRIA	CARGA CONTAMINANTE DBO (KG/DÍA)	CARGA CONTAMINANTE DQO (KG/DÍA)	DISTANCIA [KM]	DISTANCIA ACUMULADA [KM]
	Embutidos	252,68	409,76	1,66	18,8
	Láctea (grande)	0,35	0,34	1,66	20,46
	Láctea (pequeña)	0,02	0,02	1,66	22,12
	Estación de servicio	3,44	4,93	1,66	23,78
	Lubricadora	4,45	9,60	1,66	25,44
	Metalúrgica (acero)	0,050	0,09	1,66	27,1
	Industria textil	4,30	9,13	1,66	28,76
	Industria papelera	887,81	3052,70	1,66	30,42
	Industria maderera	1,95	3,19	1,66	32,08
	Florícola	254,56	432,73	1,66	33,74
Sistema 3	Matadero (camal)	359,73	449,73	2,00	35,74
	Harinera (grande)	864,20	1356,92	2,00	37,74
	Estación de Servicio	17,83	25,55	2,00	39,75
	Florícola	10,64	18,09	2,00	41,75
	Lubricadora	38,42	82,85	2,00	43,75
	Metalúrgica (acero)	0,0021	0,0035	2,00	45,75
	Doméstica	2769,55	5094,51	2,00	47,75

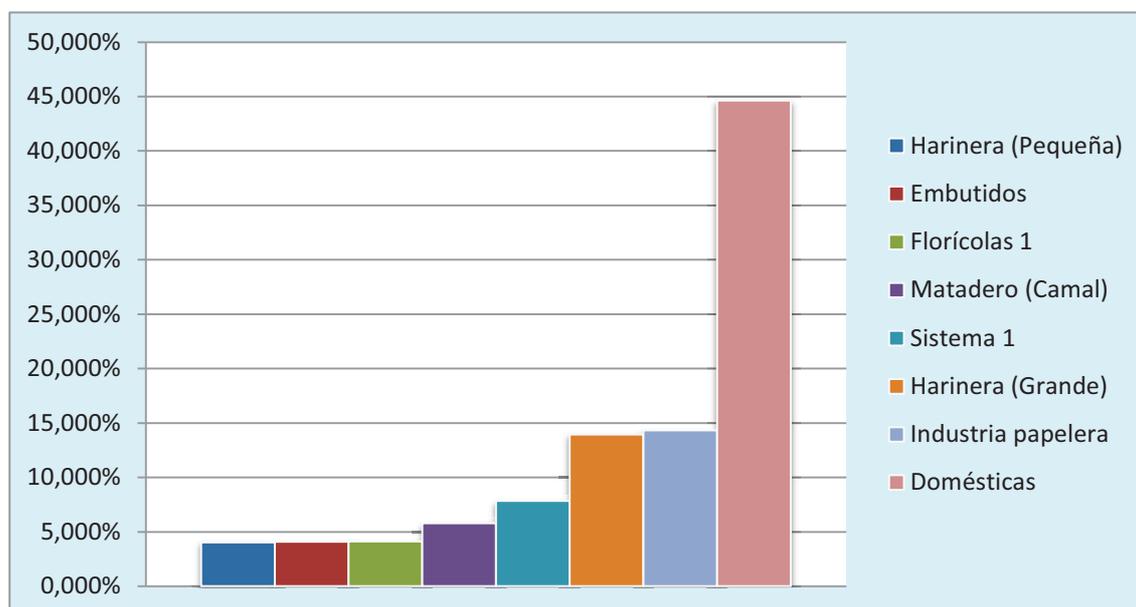
Elaborado por: Molina B. y Gavilánez J.

Figura 4-6: Porcentajes menores al uno por ciento de cargas de DBO que aportan al río Cutuchi



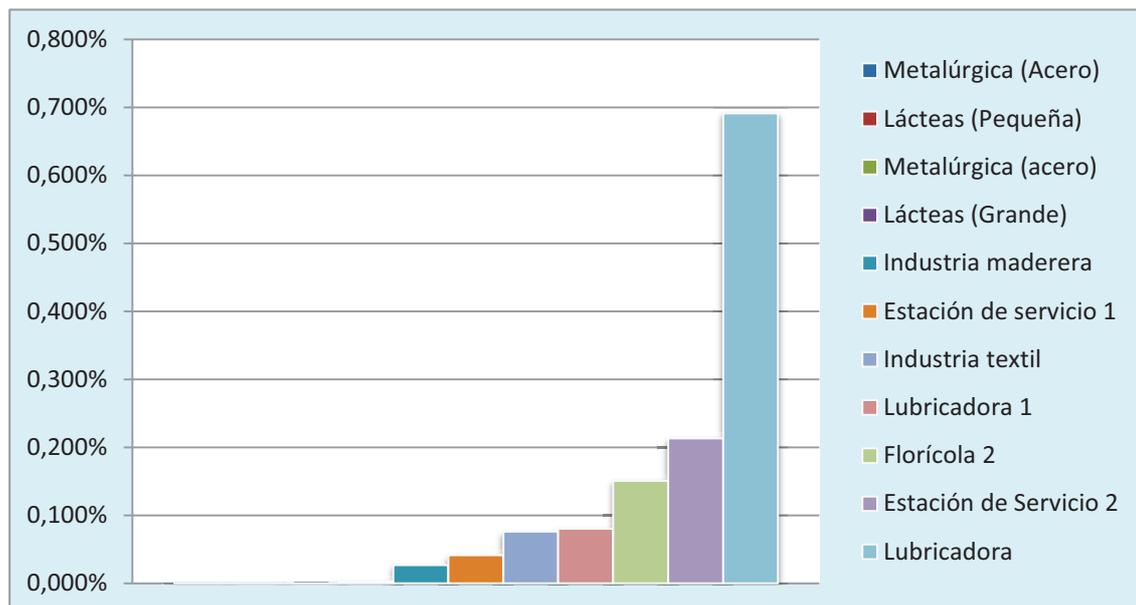
Elaborado por: Molina B. y Gaviláñez J.

Figura 4-7: Porcentajes mayores al uno por ciento de cargas contaminantes de DBO que aportan al río Cutuchi



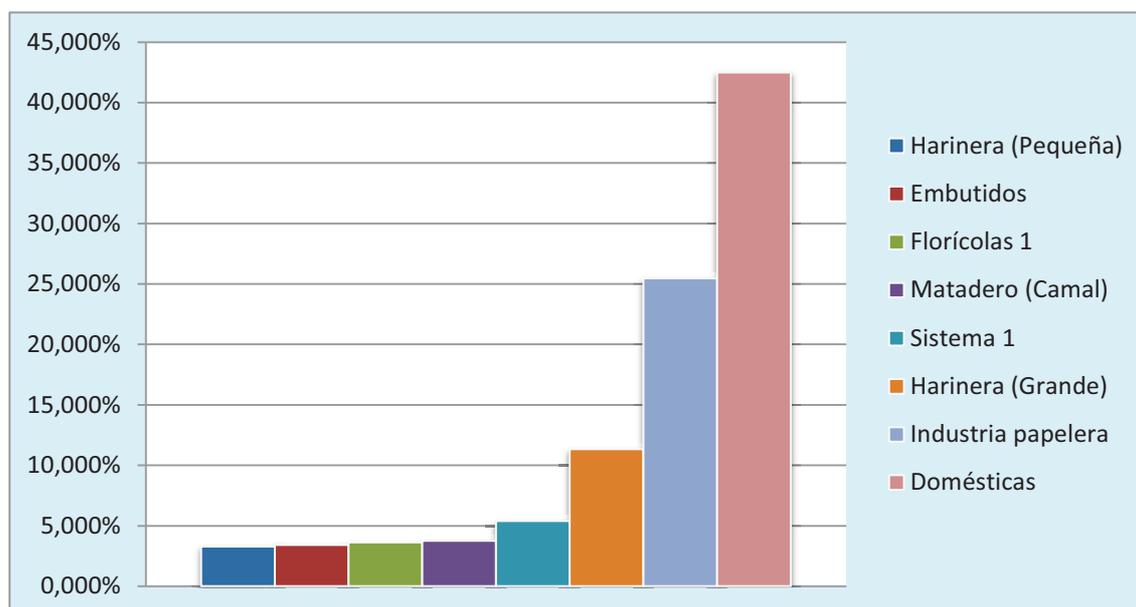
Elaborado por: Molina B. y Gaviláñez J.

Figura 4-8: Porcentajes menores al uno por ciento de cargas contaminantes de DQO que aportan al río Cutuchi



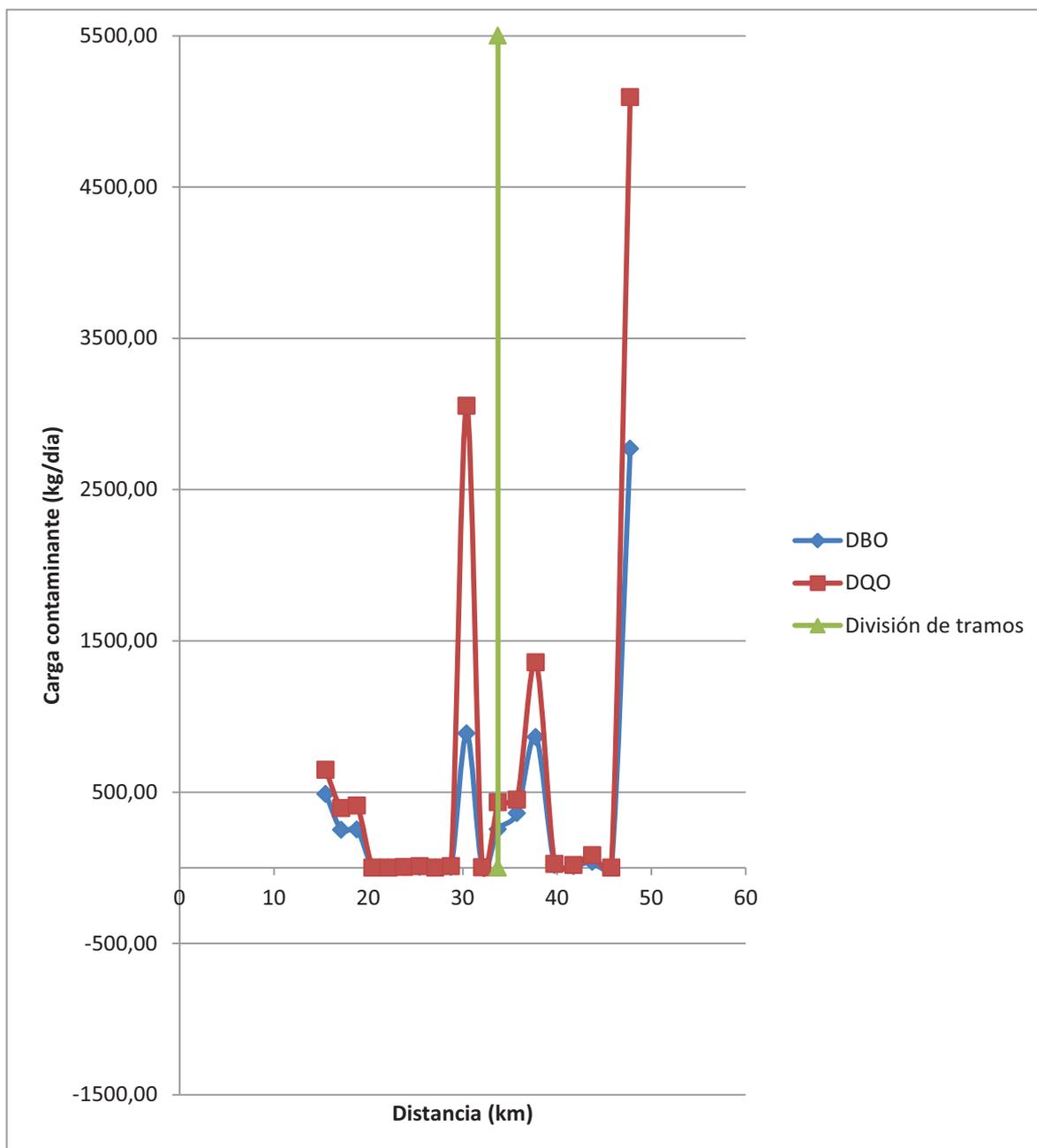
Elaborado por: Molina B. y Gaviláñez J.

Figura 4-9: Porcentajes mayores al uno por ciento de cargas contaminantes de DQO que aportan al río Cutuchi



Elaborado por: Molina B. y Gaviláñez J.

Figura 4-10: Distribución de la carga contaminante a lo largo del río Cutuchi



Elaborado por: Molina B. y Gavilánez J.

La Figura 4-10 muestra las diferentes variaciones que toma la carga contaminante a lo largo del río Cutuchi, esto se debe a que existen diferentes tipos de industrias las cuales tienen mayores o menores niveles de contaminación; asimismo, la carga contaminante de las aguas residuales domésticas es representativa en el aporte de DBO.

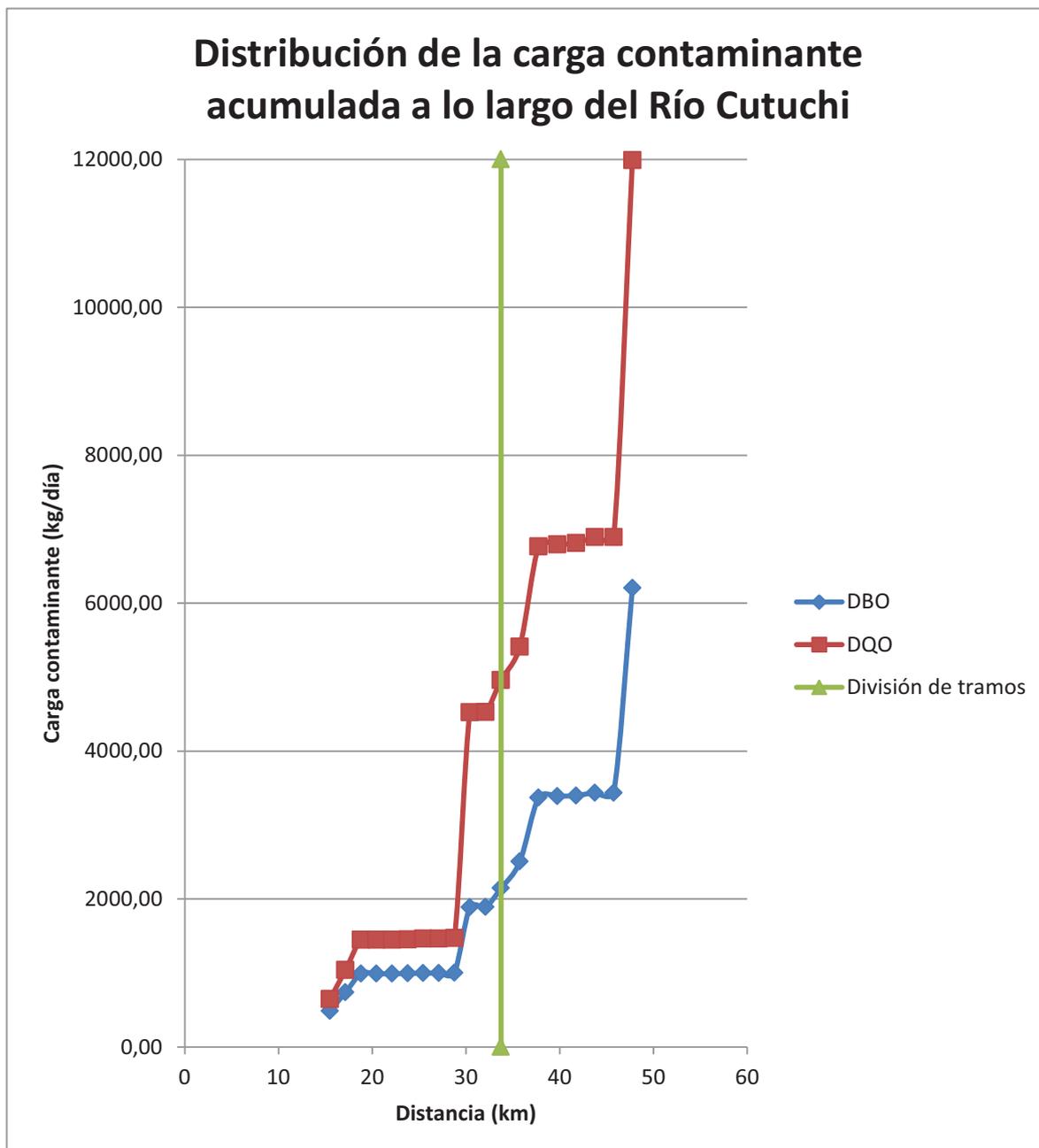
A continuación en la Tabla 4-16 se presenta el mismo análisis con la diferencia que para la Figura 4-11 se ha tomado en cuenta las cargas contaminantes acumuladas.

Tabla 4-16: Distribución de las cargas contaminantes acumuladas a lo largo de los sistemas de análisis

	TIPO DE INDUSTRIA	CARGA CONTAMINANTE ACUMULADA DBO (KG/H)	CARGA CONTAMINANTE ACUMULADA DQO (KG/H)	DISTANCIA [KM]	DISTANCIA [KM]
Sistema 1		487,08	646,49	15,48	15,48
Sistema 2	Harinera (pequeña)	737,49	1039,67	1,66	17,14
	Embutidos	990,17	1449,43	1,66	18,8
	Láctea (grande)	990,52	1449,77	1,66	20,46
	Láctea (pequeña)	990,54	1449,79	1,66	22,12
	Estación de servicio	993,98	1454,72	1,66	23,78
	Lubricadora	998,44	1464,32	1,66	25,44
	Metalúrgica (acero)	998,49	1464,41	1,66	27,1
	Industria textil	1002,79	1473,54	1,66	28,76
	Industria papelera	1890,59	4526,23	1,66	30,42
	Industria maderera	1892,55	4529,42	1,66	32,08
	Florícola	2147,11	4962,16	1,66	33,74
Sistema 3	Matadero (camal)	2506,84	5411,88	2,00	35,74
	Harinera (grande)	3371,04	6768,81	2,00	37,74
	Estación de servicio	3388,87	6794,36	2,00	39,75
	Florícola	3399,51	6812,44	2,00	41,75
	Lubricadora	3437,93	6895,29	2,00	43,75
	Metalúrgica (acero)	3437,93	6895,2918	2,00	45,75
	Doméstica	6207,48	11989,80	2,00	47,75

Elaborado por: Molina B. y Gavilánez J.

Figura 4-11: Distribución de la carga contaminante acumulada a lo largo del río Cutuchi



Elaborado por: Molina B. y Gavilánez J.

La Figura 4-11 muestra como la contaminación hídrica, reflejada a través de los parámetros de DBO y DQO, es ascendente; esta se va acumulando a lo largo del río Cutuchi, dentro del área de influencia del presente estudio.

4.4 ALTERNATIVAS PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO

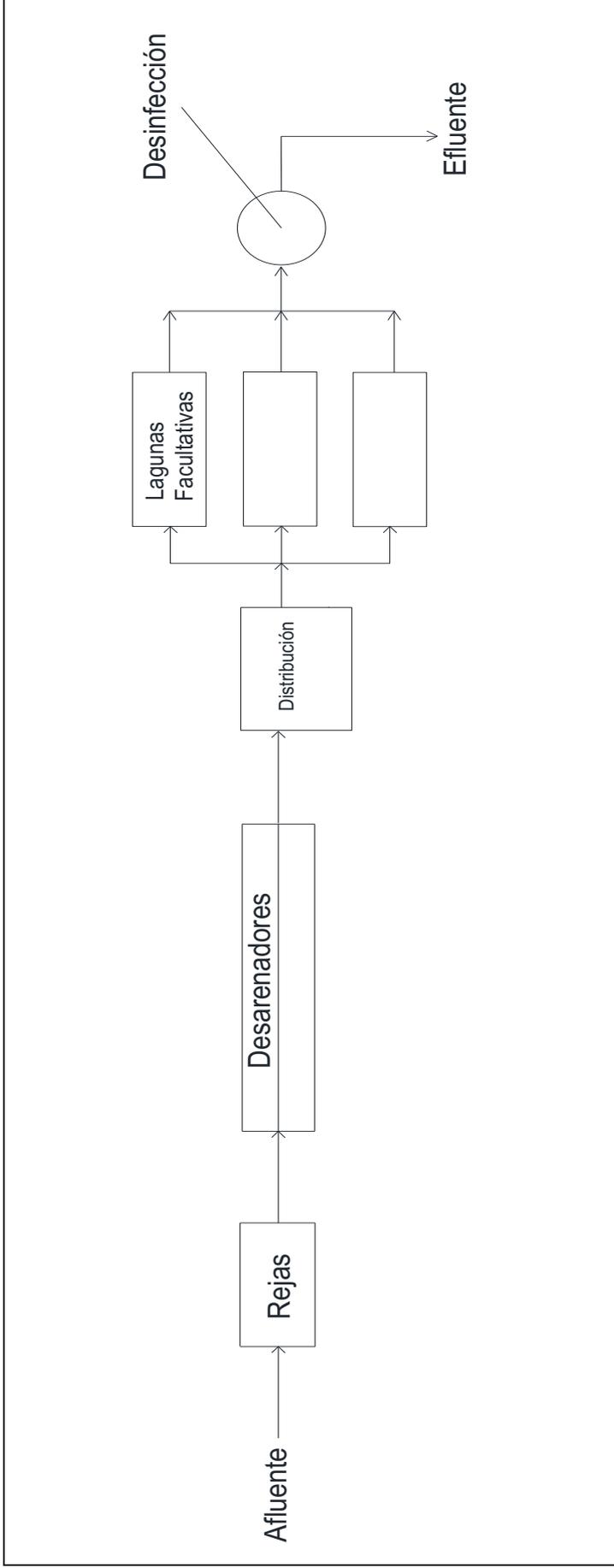
Se plantean dos alternativas para la implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas para la ciudad de Latacunga, estas alternativas manejan límites de descarga de DBO de 80 mg/L, y la eliminación de coliformes fecales.

4.4.1 ALTERNATIVA 1. LAGUNAS SIN GEOTEXTIL Y DESINFECCIÓN SEPARADA

Esta alternativa prevé una disminución de la carga contaminante principalmente de DBO y coliformes fecales provenientes de las aguas residuales domésticas para evitar la degradación de la calidad de las aguas del río. Esta se basa en los siguientes procesos:

- Pretratamiento
 - Rejas
 - Tamices
 - Desarenador
- Lagunas facultativas
- Desinfección

Figura 4-12: Esquema de la alternativa uno de tratamiento de aguas residuales domésticas



Elaborado por: Molina B. y Gaviláñez J.

A continuación, en la Tabla 4-17 a Tabla 4-22 se presentan valores referenciales para la ciudad de Latacunga acerca de costos de construcción, operación y mantenimiento de esta alternativa, sobre la base del tamaño poblacional.

Tabla 4-17: Costos de inversión y cantidad de espacio (terreno) en función de los habitantes para cada proceso para la alternativa 1

	UNIDAD	CANTIDAD/HAB.	US\$/CANTIDAD	US\$/HAB.
Pretratamiento (rejas/tamices desarenador)	-			0,10
Lagunas facultativas	m ²	1,63	5	8,15
Edificaciones, caminos, tuberías	-			3
Desinfección	-			1
Terreno	m ²	2,50	0,50	2,65
Suma				14,90

Fuente: Ref. 41

Para el mantenimiento:

Tabla 4-18: Costos de mantenimiento para lagunas de estabilización

	% DE LOS COSTOS DE MANTENIMIENTO ANUAL, EN RELACIÓN A LOS COSTOS DE INVERSIÓN	US\$/HAB. (14,90)
Diques, impermeabilización	0,2	0,0298
Construcciones hormigón	0,5	0,0745
Máquinas, rejas, tamices	1,8	0,2682
Suma	2,5	0,3725

Fuente: Ref. 41

Para operación:

Tabla 4-19: Tabla costos nominales (operación)

	OPERACIÓN US\$/(HAB.*AÑO)
Lagunas sin geotextil, desinfección separada	0,82
Eliminación de lodos	0,10

Fuente: Ref. 41

Para el caso de la ciudad de Latacunga, se calcula las mismas tablas de inversión costo y mantenimiento para una población de 72.684 habitantes, que es la proyección para el año 2026.

Tabla 4-20: Costos de inversión y cantidad de espacio en función de los habitantes para cada proceso para la alternativa 1 (Latacunga)

	UNIDAD	CANTIDAD (ÁREA)	US\$/HAB.
Pretratamiento (rejjas/tamices desarenador)	-		7268,4
Lagunas facultativas	m ²	118.474,92	592.374,6
Edificaciones, caminos, tuberías	-		218.052
Desinfección	-		72684
Terreno	m ²	181.710	192.612,6
Suma		300.184,92	1'082.991,6

Elaborado por: Molina B. y Gaviláñez J.

Para el mantenimiento:

Tabla 4-21: Costos de mantenimiento para lagunas de estabilización (Latacunga)

	% DE LOS COSTOS DE MANTENIMIENTO ANUAL, EN RELACIÓN A LOS COSTOS DE INVERSIÓN	US\$/HAB. (1'082.991,6)
Diques, impermeabilización	0,2	2165,98
Construcciones hormigón	0,5	5414,96
Máquinas, rejjas, tamices	1,8	19.493,85
Suma	2,5	27.074,79

Elaborado por: Molina B. y Gaviláñez J.

Para operación:

Tabla 4-22: Tabla de costos nominales para operación (Latacunga)

	OPERACIÓN US\$/AÑO
Lagunas sin geotextil, desinfección separada	59.600,88
Eliminación de lodos	7268,4

Elaborado por: Molina B. y Gaviláñez J.

La alternativa de lagunas sin geotextil y desinfección separada de tratamiento de aguas residuales domésticas, que se plantea para la población urbana de la

ciudad de Latacunga, demanda un espacio de alrededor de 30 hectáreas, una inversión total de cerca de 1'083.000 de dólares, y un costo anual por mantenimiento y operación de alrededor de 94.000 dólares anuales.

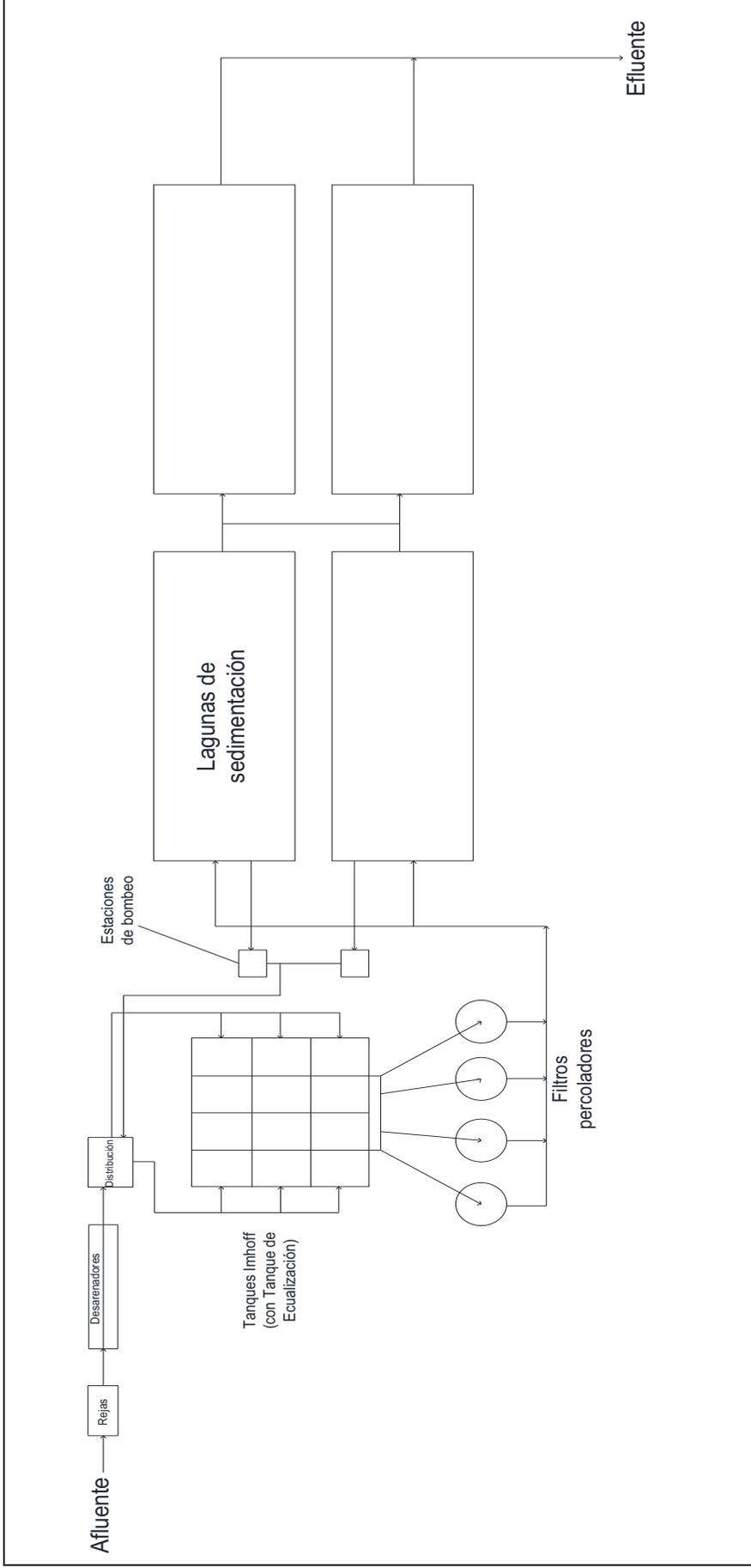
4.4.2 ALTERNATIVA 2. TANQUES IMHOFF, FILTROS Y LAGUNAS DE SEDIMENTACIÓN

Para esta alternativa de tratamiento de aguas residuales domésticas se maneja el diseño de diferentes procesos que permitan disminuir la carga orgánica previa a su descarga al río Cutuchi, evitando la contaminación del recurso; los procesos que permitirán obtener un efluente de características asimilables al río son los siguientes:

- Pretratamiento
 - Rejas
 - Tamices
 - Desarenador
- Tanques de ecualización
- Tanques Imhoff
- Filtros percoladores
- Lechos
- Desinfección

Estos procesos demandan un espacio y un costo de inversión, de operación y de mantenimiento de todo el sistema de tratamiento para estas aguas, por lo que a continuación se detallan estos espacios y costos, los cuales están directamente relacionados con la población.

Figura 4-13: Esquema de la alternativa dos de tratamiento de aguas residuales domésticas



Elaborado por: Molina B. y Gaviláñez J

Tabla 4-23: Costos de inversión y cantidad de espacio (terreno)

	UNIDAD	CANTIDAD/HAB.	US\$/HAB.
Pretratamiento (rejas/tamices/desarenador)			0,10
Filtros percoladores	m3	0,05	14,00
Tanque de equalización	m3	0,02	3,00
Tanques Imhoff	m3	0,04	8,75
Lechos	m2	0,10	2,00
Desinfección			1,00
Edificaciones, caminos, tuberías			3,00
Bombas			1,00
Terreno	m2	0,04	0,20
SUMA			33,05
Costos en función de los habitantes para cada proceso del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas			

Fuente: Ref. 41

Tabla 4-24: Costos de mantenimiento anual en relación porcentual a los costos de inversión

	% DE LOS COSTOS DE MANTENIMIENTO ANUAL EN RELACIÓN A LOS COSTOS DE INVERSIÓN
Pretratamiento	0,7
Filtros	0,7
Bombas	2
Tanques Imhoff	0,5
Tanque de equalización	0,5
Lechos de secado	0,3
Totales	4,7

Fuente: Ref. 41

Tabla 4-25: Costos de operación anual en función de la población

	OPERACIÓN US\$/(HAB.*AÑO)
Tanques Imhoff y filtros	1,23

Fuente: Ref. 41

Para el diseño de este sistema de tratamiento de aguas residuales, debido a su relación directa con la población, los cálculos que se muestran a continuación se

los realiza con una población de 72.684 habitantes, valor que resulta de la proyección de la población urbana de la ciudad de Latacunga para el año 2026.

Tabla 4-26: Costos de inversión y cantidad de espacio (terreno) necesarios para la ciudad de Latacunga

	UNIDAD	CANTIDAD/HAB.	ÁREA [HA]	US\$
Pretratamiento (rejas/tamices/ desarenador)				7268,40
Filtros percoladores	m3	3634,20	0,07	1'017.576,00
Tanque de equalización	m3	1453,68	0,03	218.052,00
Tanques Imhoff	m3	2907,36	0,05	635.985,00
Lechos	m2	7268,40	0,73	145.368,00
Desinfección				72684,00
Edificaciones, caminos, tuberías				218.052,00
Bombas				72.684,00
Terreno	m2	2907,36	0,29	14.536,80
SUMA			1,17	2'402.206,20

* Para el cálculo del área de filtros percoladores se toma en cuenta que la altura de cada filtro es de 5 metros.

** Para el cálculo del área del tanque de equalización se toma en cuenta que la altura del tanque es de 5 metros.

*** Para el cálculo del área de los tanques Imhoff se toma en cuenta que la altura de cada tanque es de 6 metros.

Elaborado por: Molina B. y Gaviláñez J.

Tabla 4-27: Costos de mantenimiento anual para la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas en la ciudad de Latacunga

	% DE LOS COSTOS DE MANTENIMIENTO ANUAL EN RELACIÓN A LOS COSTOS DE INVERSIÓN
Pretratamiento	16.815,44
Filtros	16.815,44
Bombas	48.044,12
Tanques Imhoff	12.011,03
Tanque de equalización	12.011,03
Lechos de secado	7206,62
Totales	112.903,69

Elaborado por: Molina B. y Gaviláñez J.

Tabla 4-28: Costos de operación anual en función de la población

	OPERACIÓN US\$/AÑO
Tanques Imhoff y filtros	89.401,32

Elaborado por: Molina B. y Gavilánez J.

Esta alternativa de tratamiento de aguas residuales domésticas que se plantea para la población urbana de la ciudad de Latacunga, demanda un espacio de alrededor de 1,2 hectáreas, una inversión total de cerca de 2'403.000 de dólares, y un costo anual por mantenimiento y operación de alrededor de 203.000 dólares.

4.5 ENCUESTAS

Se realizó un total de 15 encuestas a los diferentes actores sociales del cantón Latacunga. Se presenta el listado en la siguiente tabla:

Tabla 4-29: Instituciones del cantón Latacunga a donde fueron dirigidas las encuestas

INSTITUCIÓN	DEPARTAMENTO	PERSONAL
GAD Municipal Latacunga	Secretaría de la Dirección de Ambiente	Inspectores (medio ambiente), Asistente (parques y jardines),
Consejo Provincial de Cotopaxi	Dirección de Gestión Ambiental	Director
Diario "La Gaceta"		Periodista
Universidad Técnica de Cotopaxi	Facultad de Ingeniería Ambiental	Docente
Canal "TV Color" (Canal 36)	-----	Presentador de noticias
Secretaría Nacional del Agua-Latacunga	-----	Técnico perito
Radio Latacunga	-----	Director General
Escuela Superior Politécnica del Ejército-Latacunga	-----	Director de la carrera de Ingeniería en Administración en Hotelería y Turismo
Empresa de Agua Potable y Alcantarillado de Latacunga (EMAPAL)	-----	Técnico Proyectos
Centro de Salud		
Colegio Técnico Dr. Camilo Gallegos Domínguez	-----	Inspector General
Escuela Fiscal "Club Rotario"	-----	Profesor

Elaborado por: Molina B. y Gavilánez J.

En el Anexo 3 se presenta el modelo de encuesta y las respuestas obtenidas de las diferentes instituciones vinculadas directa o indirectamente con la gestión del río Cutuchi. La encuesta consta de 15 preguntas direccionadas a conocer un diagnóstico general sobre la gestión del río Cutuchi.

Los resultados de las encuestas realizadas tuvieron una clara conclusión en ciertas preguntas, mientras que en otras, las respuestas obtenidas fueron variadas y, en ciertos casos, las desconocían. Por esto, se presenta un resumen de los resultados obtenidos en la Tabla 4-30; esta consta del número de pregunta, las diferentes respuestas y su número de frecuencia.

Tabla 4-30: Resultados de encuestas

Pregunta N°	Respuesta	FRECUENCIA
1	Falta del cumplimiento e implementación de políticas públicas	1
	Descargas residuales domésticas	11
	Descargas residuales industriales	11
2	Plan maestro de alcantarillado de Latacunga	7
	Saneamiento de centros poblados en parroquias rurales	2
	Campañas de sensibilización	1
	Ninguno	3
3	Generando ordenanzas	3
	Educación Ambiental	7
	Generando planes de agua potable	1
	Siembra de árboles en el río	1
	Controlando la contaminación industrial	1
	Programas de prevención y remediación	1
	Toma de muestras	1
4	Sí	4
	No	10
5	Sí	5
	No	10
6	Diseño planta de tratamiento de aguas residuales urbanas	1
	Campañas de comunicación	4
	Control de descargas de aguas industriales	1
	Reciclaje de residuos sólidos	1
	Plan maestro de alcantarillado de Latacunga	1

Pregunta N°	Respuesta	FRECUENCIA
	Cercado de vertientes en zonas de páramo	1
	Programas de recuperación y reforestación	1
	Muestreos de calidad de agua	1
	Ninguno	3
7	Sí	7
	No	7
8	Sí	5
	No	9
	Desconocen	2
9	Falta de agua potable para regadíos	4
	Enfermedades de piel, respiratorias, entre otras	7
	Fauna extinguida	6
	Contaminación de alimentos	3
	La población ya no puede visitar el río	3
10	Conoce sobre la contaminación del río	4
	No hay campañas ni información	10
11	Desconocen	1
	Gran aceptación, informando debidamente	14
12	Aumentado	8
	Disminuido	4
	Mantenido	3
13	No existen	1
	Existen pero no se aplica, no esta vigente o no se cumple	13
	Está en elaboración	1
14	Falta de presupuesto	8
	Falta de voluntad política	5
	Negligencias	2
	Deconocen	3
15	GAD Municipal Latacunga	9
	Consejo Provincial de Cotopaxi	5
	Ministerio del Ambiente	6
	SENAGUA	3
	MAGAP	1
	Dirección de Salud	1
	Ministerio de Finanzas	1

Pregunta N°	Respuesta	FRECUENCIA
	Organismo regional para el fin específico	1
	Universidades	1
	Mancomunidad de control	4

Elaborado por: Molina B. y Gaviláñez J.

4.6 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Al realizar una comparación de las descargas residuales caracterizadas por cada sector industrial con la legislación ambiental vigente (TULSMA), con relación a los límites máximos permisibles de descarga a un cuerpo receptor de agua dulce y al alcantarillado público, se tiene una relevancia similar de afectación al río, ya que tanto industrias como la ciudad descargan directamente sus efluentes al río Cutuchi. Por esto, es importante tener un análisis de cargas contaminantes de DBO y DQO. Esta problemática surge además por la falta de una planta de tratamiento para la ciudad de Latacunga.

Alrededor del 64% de los sectores industriales, incluidas las descargas residuales domésticas, no cumple con la normativa respecto a las descargas a un cuerpo de agua dulce con los parámetros de DQO y DBO, afectando seriamente la calidad de agua de este recurso –que además atraviesa verticalmente toda la ciudad–, ocasionando problemas de salud, higiene e incomodidad a la población asentada en las orillas de este río.

Para el caso de las descargas al alcantarillado público, el sector industrial, en relación a la DQO y DBO, no cumple en un 39% y un 23% respectivamente, razón por la cual la afectación a la calidad del agua al río Cutuchi es importante, ya que del alcantarillado se descarga directamente al río. Además de una planta de tratamiento para la ciudad de Latacunga, se debería proyectar el ejecutar plantas de tratamiento para las poblaciones rurales que afectan al río en diferentes tramos, y por parte de las industrias un control más estricto sobre las cargas contaminantes que generan.

De acuerdo a los monitoreos realizados por diferentes instituciones públicas, en los años 2001 y 2011, en varias coordenadas del río Cutuchi, se puede identificar la contaminación que se ha generado en este periodo de tiempo en determinados puntos que se escogieron para establecer los sistemas de balance de masa; de esta manera, se conoce los monitoreos de tres puntos determinados, cuyos resultados muestran que:

- En el punto C1 se observa que en el período que se realizaron los monitoreos al río, los parámetros que se analizan en el presente trabajo presentan un incremento debido a la presencia y aumento de coliformes fecales, esta tendencia puede atribuirse al aumento de la población en esta zona y a que sus descargas domésticas se realizan directamente al río Cutuchi.
- En el punto C2, con respecto al mismo período analizado, se observa que los valores de DBO y coliformes fecales se incrementan en estos años; a pesar de que en el presente trabajo se ha tomado a esta zona como industrial, el aumento de estos dos parámetros demuestran que la población en este sector tiene gran influencia sobre la carga contaminante del río, ya que las descargas domésticas se realizan directamente a este.
- En el punto C3 la DQO presenta un incremento en el período analizado, mientras que los otros parámetros analizados, DBO y coliformes fecales, disminuyen su valor, a pesar de ser un punto que se encuentra más allá de las descargas domésticas de la ciudad de Latacunga. Estos valores demuestran que las descargas aportadas por las industrias tienen influencia sobre la calidad del agua del río, afectando la vida de coliformes fecales presentes en el río y con el aumento de la DQO.

Con los datos de calidad del agua, tanto para aguas residuales domésticas como aguas residuales industriales, se realizó un balance de masa por secciones, en donde el tramo inicial se consideró aguas relativamente limpias. Por esto, no se identificó ninguna industria u otra descarga residual que produzca contaminación sobre esta sección; mientras que en las otras secciones donde se realizó el balance de masa, se presentan los siguientes resultados:

- En la sección C1-C2 el balance de masa, con respecto a la carga contaminante proporcionada por la DQO y DBO, ajustados estos dos parámetros con el valor del caudal monitoreado en el año 2011 de la SENAGUA, son cargas contaminantes aportadas netamente por el sector industrial, en donde las descargas residuales de la industria papelera y de las florícolas son las que mayor aporte tienen del grupo de industrias ubicadas en la zona de influencia de esta sección de estudio, convirtiéndose el sector industrial en el principal aportante de carga contaminante al río Cutuchi. Además, debido a los monitoreos realizados en el período 2001-2011, y al incremento de coliformes fecales que se presenta en estos monitoreos, el porcentaje faltante de las cargas contaminantes, tanto de DQO como DBO de la sección, está relacionado con la población que habita en las diferentes parroquias y barrios rurales ubicados cerca del río Cutuchi o de sus afluentes. Igualmente, no se toma en cuenta el aporte de la carga contaminante difusa generada por la actividad agropecuaria, la cual representa alrededor del 15% en el cantón Latacunga, y tampoco se registró la totalidad de industrias que se encuentran en el cantón. Con respecto a las industrias que están registradas y agrupadas de acuerdo a las actividades que realizan, en la sección analizada, la industria papelera es la que mayor porcentaje de carga, tanto orgánica como inorgánica, aporta en este tramo del río, con un 65% de la carga total de esta sección.
- En la sección C2-C3, a través del balance de masa realizado, se calcula la DQO y DBO mediante la división entre el valor total de las cargas contaminantes de DQO y DBO, y el caudal monitoreado por la SENAGUA, dando como resultado valores de DBO y DQO similares con los monitoreados en el año 2011 por la SENAGUA. Por esto, mediante estos valores se puede identificar de manera individual el sector que mayor carga contaminante aporta al río Cutuchi, siendo de esta manera las industrias el sector que mayor aporte genera al río.

Por las características químicas y bacteriológicas de cada tramo analizado, se puede diferenciar los usos de acuerdo a estas características que han sido monitoreadas, por lo cual en la sección 1, tomada para el presente trabajo, al ser aguas con bajas cargas contaminantes y que no tienen mayor uso industrial ni doméstico, estas pueden servir para uso agrícola, pecuario, recreativo con contacto secundario, con fines estéticos, e incluso ser utilizadas para consumo humano, de acuerdo a los parámetros establecidos en el TULSMA. Además, teniendo en cuenta que los caudales que se utilicen para las actividades mencionadas no afecten al caudal ecológico aguas debajo de esta sección, debido al poco caudal que se manejaría en esta unidad.

Mientras tanto, para las secciones 2 y 3, que han dividido las aguas en el presente trabajo debido a la gran cantidad de carga orgánica, inorgánica y sobre todo bacteriológica (ya que en el TULSMA no se establecen criterios de uso de agua basados en la DBO, DQO y Sólidos Suspendidos Totales), se ha tomado el criterio fundamentado en coliformes fecales, la cual tendría como resultado que las aguas de estas dos secciones no pueden ser utilizadas en ninguna actividad.

La construcción de una planta de tratamiento para las aguas residuales domésticas de la ciudad de Latacunga, así como diferentes plantas de tratamientos para las aguas residuales domésticas de las urbes de las parroquias rurales del cantón, y un adecuado control de las descargas residuales industriales, mejoraría la calidad del agua, permitiendo diferentes usos aguas abajo, tanto de la sección 2 como de la sección 3. Además, con esto también se beneficiaría el sector turístico en la zona del río donde se encuentra asentada parte de la población de la ciudad de Latacunga; allí se recuperarían las orillas del río para fines recreativos o estéticos y se evitaría una pérdida del paisaje natural que se podría desarrollar específicamente en la mayor parte de la sección 3.

4.7 ANÁLISIS SOCIO-AMBIENTAL

Los componentes sociales, culturales y las políticas de gobierno locales como nacionales, son factores claves en el manejo del recurso agua. El nivel de educación reflejado en una cultura y compromiso social, en donde se enmarquen

la responsabilidad de uso de los recursos, la solidaridad y el avance a una sociedad evolucionada que armonice con el ambiente, hará que conflictos como la contaminación del río Cutuchi sean minimizados. Esto es muy importante para el buen desempeño de los sistemas ambientales, puesto que una población que no está comprometida con el aprovechamiento eficiente de los recursos de los que se sirve, hace que los problemas ambientales, a la larga, desemboquen en problemas humanos, como complicaciones de la salud pública y deterioro de la naturaleza.

Por esto, se hace imprescindible hacer un análisis a los diferentes actores sociales, como son autoridades (GAD Municipal, Consejo Provincial, Empresa de Agua Potable y Alcantarillado y Secretaria Nacional del Agua), medios de comunicación (radio, prensa, televisión) y centros de educación (escuelas, colegios y universidades).

A través de las encuestas dirigidas a las diferentes instituciones de la ciudad de Latacunga, se tiene una recopilación de información a nivel macro, en forma directa o indirecta, sobre la gestión de las aguas del río Cutuchi; dichas encuestas arrojaron los siguientes resultados:

- La contaminación del río Cutuchi tiene su origen principalmente en las descargas industriales asentadas en el cantón, así como en las aguas residuales domésticas de las poblaciones urbanas y rurales.
- El número y diversidad de industrias presentes en el cantón Latacunga, en general, se ha ido incrementando, no solo en número sino en capacidad de producción; estas están asentadas tanto en la parte rural como urbana, ubicándose en el sector rural la industria de flores, láctea y de alimentos como las más destacadas (tienen su mayor concentración al norte del cantón, en el sector de Lasso).
- En lo que respecta a la parte urbana, se evidencia que existen, en alto número, estaciones de servicio y talleres mecánicos, así como industrias de diferentes ramas, como las harineras, que aunque en número no son muchas, su descarga es importante. Esta tendencia de incremento del

número de industrias ha originado que las descargas de las aguas residuales aumenten, conjuntamente con la falta de una responsable gestión de sus residuos líquidos, lo cuales no tienen un pretratamiento de descarga al río Cutuchi y sus afluentes. La situación es similar para el caso de las aguas residuales domésticas, las que son de carácter principalmente orgánico, y se vierten de igual forma directa al río afectando su calidad hídrica. El problema se agrava en las zonas rurales pobladas, pues ahí la descarga se la emite de distintas formas, afectando no solo a los cuerpos de agua, debido a que son sectores históricamente rezagados, tanto en lo social como económico.

- El proyecto de mayor sociabilización ha sido el Plan Maestro de Alcantarillado de Latacunga, y, en menor medida, proyectos de saneamiento en centros poblados de parroquias rurales. Cabe recalcar que aproximadamente el 23% de la muestra encuestada desconocía acerca de proyectos acerca de la descontaminación del río Cutuchi, tomando en cuenta que las personas que han sido encuestadas pertenecen a instituciones públicas o privadas que tienen una estrecha relación con la gestión de este recurso.
- Básicamente, se ha hecho muy poco en cuanto a proyectos que representen en gran magnitud o hayan dado grandes resultados para la recuperación del río Cutuchi. Hoy en día, existen proyectos ya muy avanzados a nivel de estudios para este fin; uno de ellos, y el más conocido por la sociedad latacungueña, es el Plan Maestro de Alcantarillado, el cual prevé tener un buen sistemas de recolección de aguas servidas o aguas residuales domésticas para el saneamiento urbano, el cual ayudaría a su vez para la consolidación y buen funcionamiento de una planta de tratamiento de aguas residuales en el cantón. Es preciso afirmar que existe una considerable parte de la población que prácticamente no conoce nada sobre la problemática ambiental y social del río, peor aún sobre la existencia de dichos proyectos de descontaminación.

- Los aportes más significativos por parte de las instituciones encuestadas es a través de la generación de ordenanzas y educación ambiental enfocada a instituciones educativas y a pequeños grupos de la población, a nivel general; pero, además existen acciones más específicas que han ayudado de cierta forma a la gestión del río.

Algunas de estas acciones son:

- Control de descargas de aguas industriales
La ley ecuatoriana establece una serie de normas y límites de descarga por parámetro ambiental. Se realizan las inspecciones, seguimientos y controles para los permisos y estudios ambientales, pero muchas veces esto no tiene una continuidad y peor aún un control; esto se refiere a que ciertas industrias solo hacen funcionar sus plantas de tratamiento en los periodos de evaluación por parte de las autoridades, otras no tienen plantas depuradoras y tienen medios de producción obsoletos, es decir, son maquinarias y procesos ya caducos, que no son eficientes y perjudican la economía de las personas deteriorando el ambiente.
- Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales urbanas
A través de la encuesta realizada se manifestó, por parte de algunos participantes, que ya existen los estudios respectivos, lo cual involucra un paso importante para su ejecución definitiva.
- Campañas de comunicación
Este factor muy importante y muchas veces rezagado, es primordial para la concientización, sociabilización y aceptación posterior de proyectos de esta índole. Estas campañas informativas fueron manifestadas principalmente por los medios de comunicación locales que, según plantearon, se han hecho campañas de conciencia ambiental, pero no es suficiente para llegar totalmente a la comunidad.
- Muestreos de calidad de agua
Se ha realizado monitoreos de calidad del agua durante algunos años, pero en ocasiones en ciertos periodos no se tiene registro alguno, por lo

que un seguimiento continuo de la calidad del agua del río servirá para un mejor manejo de este recurso.

- Sobre resultados favorables obtenidos en relación a la descontaminación del río Cutuchi, la tendencia general es negativa.

Se tiene un claro panorama acerca de la poca o nula gestión para recuperar las aguas del río Cutuchi –esto ocurre a nivel macro así como para cada institución–, en cuanto a lo que deberían aportar como instituciones encargadas del cuidado del recurso para que cada actor social tenga que iniciar o ampliar su aporte para lograr este fin.

- Los niveles de socialización sobre el presupuesto para la descontaminación del río es muy escasa, es decir a nivel muy general, por lo que se tiene un desconocimiento de valores reales para la ejecución de dicho proyecto.

Las mismas autoridades, a excepción de la empresa de alcantarillado, no tenían una idea clara sobre el presupuesto necesario para la ejecución de este proyecto, peor aún se podría pensar que la población en general tenga conocimiento sobre esto, por lo que es necesario la sociabilización continua para que la gente vaya entendiendo y comprometiéndose con los procesos de beneficio común.

- La cooperación interinstitucional a nivel local tuvo una opinión dividida dentro de la muestra, esto puede deberse a que existe algún tipo de comunicación pero solo entre ciertos sectores, o en proyectos transitorios de beneficio común. Pero como es tendencia a nivel de país, la información y desarrollo de proyectos tiene brechas enormes entre las instituciones encargadas y vinculadas entre sí para el cumplimiento de un objetivo.
- A diferencia de la cooperación a nivel local, el criterio cambia un poco respecto a las instituciones nacionales, dándose una opinión dividida sobre la cooperación entre las diferentes instituciones, donde también, de ser el caso, solo hay trabajo en conjunto en ciertos proyectos.

Es primordial una cooperación a nivel de todas las autoridades, ministerios y demás instituciones competentes, puesto que por ser proyectos con

sistemas complejos abarcan varios frentes de estudio; lamentablemente, en el país el manejo de la información de este tipo tiene una deficiencia, no es compartida abiertamente ni siquiera entre autoridades, lo que dificulta y retrasa muchas veces la ejecución de los estudios y proyectos.

- Los problemas que se han producido por la contaminación del río Cutuchi son:
 - Falta de agua para regadíos
 - Afectación a la salud (respiratorias, piel)
 - Contaminación de alimentos

Lo antes mencionado implica problemas comunes a nivel mundial, como en el caso del río Cutuchi, que tiene una gran demanda para el sector agrícola. Por esto, mientras más se contamine las aguas, menor disponibilidad habrá para regadío, derivando también en problemas de seguridad alimentaria a futuro y afectaciones a la salud de las personas que consumen los alimentos.

- El nivel de conocimiento de la población sobre la contaminación del río Cutuchi y sus consecuencias es muy bajo, la mayor parte de los encuestados piensa que no hay las campañas de información correspondientes.

La difusión de la información es un factor muy importante para conseguir el apoyo de los diferentes sectores, y sobre todo la aprobación popular. Como ya se ha dado en otras partes, puede pasar que el proyecto esté listo, pero por la falta de información y concientización no tenga la acogida de los beneficiados.

- El grado de aceptación en términos económicos por parte de la población se estima que sería muy amplia, siempre y cuando se informe debidamente.

Una campaña estratégica bien diseñada de información sobre la problemática, tendrá resultados favorables en cuanto a una aceptación

para mantener económicamente una planta de tratamiento de aguas residuales.

- Las cargas contaminantes a través del tiempo en el cantón Latacunga han aumentado, postura emitida por la mayoría de los encuestados.

La tendencia común, como en la mayoría de los problemas ambientales, es creciente; por esto, se hace necesaria una medida correctiva para contrarrestar la contaminación.

- Respecto a la aplicación de ordenanzas, hay varias dentro del cantón, pero casi en su totalidad no están vigentes o no se las cumple.

Este fenómeno puede estar dado por factores de decisión política, puesto que existen algunas ordenanzas pero no se las ejecuta por no llevar una firme gestión de cumplimiento.

- En el caso de iniciativas y proyectos que han sufrido retrasos o no se han cumplido con fines de recuperación del río Cutuchi, han sido por motivos económicos y falta de voluntad política.
- En cuanto a las principales instituciones que deberían estar a cargo de la gestión del río Cutuchi (Tabla 4-29), estas son en su mayoría los partícipes de esta evaluación. Pero, una propuesta diferente sería la creación de un organismo regional concebido solo para ese fin específico.

Debido a la dificultad que existe en el país para la cooperación interinstitucional, que es una mala costumbre que se ha afianzado a través del tiempo, tomaría un período de mediano a largo plazo para cambiar esta tendencia, por lo cual podría ser factible la creación de un organismo regional dedicado solo a este fin, puesto que se agilizaría la ejecución de un proyecto de descontaminación del río Cutuchi.

La contaminación del río Cutuchi no es el único caso en el Ecuador, pues este deterioro de la calidad del agua de los ríos es un problema en todo el país, por lo que una de las soluciones para disminuir y evitar que se siga deteriorando la calidad del agua de los ríos es la creación de este

organismo regional, el cual facilitaría cualquier tipo de información y agilizaría cualquier proyecto ambiental enfocado a la calidad de las aguas de un determinado cuerpo de agua. El organismo estaría conformado por delegados de las diferentes instituciones competentes en la calidad y uso de agua, de acuerdo a la cuenca hidrográfica en donde se encuentran los ríos con problemas de contaminación; estas instituciones son: el Ministerio de Ambiente, la SENAGUA y los diferentes municipios que forman parte de la cuenca hidrográfica. El organismo funcionaría con la única meta de mejorar la calidad del agua de los ríos contaminados creando, asesorando o brindando un apoyo integral a proyectos que tengan esta finalidad.

Se puede estimar que, en general, la sociedad latacungueña está en un nivel crítico en cuanto a problemas hídricos y desinformación sobre estos, la falta de conciencia en el uso de recursos, la brecha de cooperación entre instituciones competentes y los procesos productivos y actividades antrópicas que han dado como resultado el actual deterioro hídrico del río Cutuchi, así como también los problemas relacionados que afectan a la población en general.

4.8 ANÁLISIS ECONÓMICO

En el cantón Latacunga se ha tenido una marcada diferencia social y económica, alimentada por la migración de las personas a otras ciudades y del área rural a la urbana, existiendo en ciertos periodos estancamientos sobre el crecimiento poblacional; pese a esto, la generación de empleos por parte de industrias asentadas en el cantón, como florícolas y manufactureras de distintas ramas, han hecho que la población se mantenga ocupando estos puestos de trabajo y evitando a su vez que crezca el desempleo.

La ubicación geográfica de la ciudad también ha dinamizado la economía, puesto que está ubicada entre ciudades de importancia económica por lo cual es considerada para proyectos nacionales que influyen positivamente a todo el cantón. Por esto, se puede tener una visión positiva a futuro sobre el desarrollo del cantón. Producto de este progreso, con respecto a las industrias así como en

el incremento de la población en general, las diferentes actividades se mantendrán y expandirán, haciendo parte de sus procesos el uso de los recursos naturales, por lo que se hace imprescindible una planta de tratamiento de aguas residuales que descontamine el río Cutuchi aguas abajo. También, se debe pensar a futuro en un recambio de tecnología en las principales industrias, que permita mejorar los procesos para disminuir o eliminar la generación de residuos en general, además de un adecuado control de las descargas de todas las industrias por parte de la institución competente.

Las plantas de tratamiento que se tienen como alternativas son de dos tipos: la primera, las lagunas anaeróbicas y facultativas con desinfección; y, la segunda, que consiste en filtros percoladores, tanques de equalización e Imhoff, lechos y desinfección. Los dos tipos de sistemas ayudan a eliminar, en general, todos los contaminantes, y en el caso de la DBO tienen un límite de descarga de 80 mg/L aproximadamente y la eliminación de coliformes fecales.

En términos económicos, los dos sistemas tienen las siguientes diferencias:

Tabla 4-31: Costos de los sistemas de tratamiento

COSTOS	ALTERNATIVA 1 (LAGUNAS)	ALTERNATIVA 2 (FILTROS-TANQUES)
Construcción US \$	1'082.991,6	2'402.206,20
Operación (US \$/año)	66.869,28	89.401,32
Mantenimiento (US \$/año)	27.074,79	112.903,69
Área (ha)	30,01	1,17

Elaborado por: Molina B. y Gavilánez J.

En la Tabla 4-31 se presenta un cuadro comparativo entre los costos de construcción, operación y mantenimiento de las dos alternativas de tratamiento de aguas residuales para el cantón Latacunga, así como el espacio físico que demandaría su ejecución. Estos costos económicos aproximados de las dos alternativas se calcularon en base a la población urbana proyectada del cantón Latacunga para el año 2026, la que es de 72.684 habitantes. La comparación de la Tabla 4-31 muestra que la alternativa 1 en términos de construcción tiene la mitad del costo que la alternativa 2, donde la primera alternativa bordea el millón

de dólares y la alternativa 2 esta sobre los dos millones de dólares (pero el espacio de terreno que demanda esta última es mucho más pequeño que el del sistema de lagunas); prácticamente la alternativa 2 es 29 hectáreas más pequeña que la 1, lo cual es también una limitante muy importante a considerar al momento del análisis para la ejecución del proyecto.

Para el caso de Latacunga, el factor de espacio físico es, hasta cierto punto, un condicionante, puesto que 30 hectáreas es un espacio considerable, que el municipio local no tiene a disposición porque el cantón ha dedicado la mayoría de sus terrenos a la actividad agrícola. Además, para la alternativa 1 se requiere tiempos de tratamiento muy extensos (meses), las lagunas pueden producir gran cantidad de algas, por lo que si el líquido tratado que se descarga en el cuerpo receptor incrementara la DBO, podrían producirse olores y generarse problemas debido a la proliferación de insectos.

En cuanto a costos de operación anual, la alternativa 2 sigue siendo más costosa que la 1, donde la diferencia en cuanto a operación es de 22.500 USD aproximadamente. Respecto a mantenimiento, la diferencia es más marcada, donde el costo de la alternativa 2 es cuatro veces mayor que el de la alternativa 1.

En definitiva, el costo económico en general de la alternativa 2 es mucho más elevado que de la primera, pero la principal ventaja es el poco espacio que demandaría su ejecución, y para el caso de Latacunga podría ser un factor determinante.

CAPITULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- En el presente estudio se evidenció una notoria deficiencia en la gestión del río Cutuchi, donde no existe una clara definición de competencias interinstitucionales, lo cual representa el principal problema para el manejo del recurso hídrico, acompañado de retrasos e inoperancia por cuestiones económicas y falta de voluntad política en la toma de decisiones; por lo que una de las alternativas que se plantea es la creación de un organismo regional en el cual se definirían competencias a las distintas instituciones involucradas en la recuperación de la calidad del agua del río Cutuchi.
- Para un manejo eficiente de los recursos hídricos en el país, y concretamente en el cantón Latacunga, se debería crear un organismo regional específico para este fin, disponiendo funciones a las instituciones competentes por cuencas hidrográficas para que el mejoramiento de la calidad del agua de los cuerpos hídricos sea completa y no por límites jurisdiccionales. Se puede sintetizar estas funciones en tres partes: para la recolección y tratamiento de las aguas residuales domésticas y proyectos de recuperación de riveras, estaría a cargo del municipio correspondiente; para el control de descargas industriales, tanto al alcantarillado como a un cuerpo receptor de agua dulce, el Ministerio del Ambiente; y, por último, para proyectos de recuperación de la calidad del agua, la Secretaría Nacional del Agua.
- En el análisis realizado se contabilizaron 91 industrias en el área de influencia del río Cutuchi, las que en su mayoría pertenecen a florícolas (38%), lubricadoras (25%), estaciones de servicio (20%) e industrias alimenticias y lácteas (10%), entre las principales industrias registradas.

- Se han registrado 92 descargas residuales al río Cutuchi, las 91 de la parte industrial y la descarga, en conjunto, de la parte doméstica de la ciudad de Latacunga. El sector industrial está clasificada en 14 ramas, en donde el 64% de estas industrias no cumple con los límites máximos permisibles de DQO y DBO expresados en el TULSMA con respecto a las descargas que se pueden realizar a un cuerpo receptor de agua dulce; mientras que para los límites máximos permisibles para descarga al alcantarillado, los sectores industriales que no cumplen esta normativa representan el 39% y 23%, para la DQO y DBO respectivamente.
- En la sección C0-C1, donde se consideran las aguas relativamente limpias, su uso es apto incluso para consumo humano, a partir de la sección 2, donde existe predominancia de industrias y en la sección 3 donde se suman las aguas residuales domésticas e industriales de la parte urbana de la ciudad de Latacunga, la calidad del agua del río sufre una degradación muy importante reflejándose, según la normativa, en un uso nulo, es decir, no apta para ninguna actividad.
- La carga contaminante más representativa es la inorgánica, proveniente del sector industrial, para lo que las soluciones con respecto a la situación industrial es el recambio tecnológico para los procesos y aplicación de tecnologías limpias, pues estas soluciones resultarían mucho más económicas que la construcción de plantas de tratamiento para cada industria; estos procesos solo implican un cambio de medio de los contaminantes, llegando a ocasionar la contaminación de otros recursos como suelo o aire. Sin embargo, una mejora en el control de estas descargas, tanto al alcantarillado como a un cuerpo de agua dulce, por parte de la autoridad competente es de gran importancia para verificar la gestión que se lleva a cabo para evitar la contaminación del río Cutuchi. Mientras que para la carga contaminante orgánica, que en su mayor parte resulta de las descargas residuales domésticas, la mejor opción es la construcción de la planta de tratamiento de aguas de la ciudad de Latacunga, la que en el presente estudio se establece como mejor opción de construcción de tanques Imhoff, filtros y lagunas de sedimentación

(alternativa 2), con mayores costos, pero que en cuanto al espacio que ocuparía y la eficiencia que se puede alcanzar con el paso de los años, resulta tener más ventajas.

- La complejidad que en la actualidad representa para quienes están encargados de la gestión del agua –donde en décadas pasadas, a nivel general, no se tenía variaciones tan extremas como ahora sobre los fenómenos naturales relacionados con el agua–, es producto de aspectos como la creciente demanda de agua, la ocupación del territorio en forma desordenada y la desinformación sobre la temática, entre otras; estos son los componentes principales para que se forme este escenario negativo con respecto al bienestar de la población latacungueña.
- Muchas de las veces se tiene programas, conferencias y reuniones a nivel de autoridades nacionales como internacionales para solucionar los problemas en cuanto a la gestión del agua, incluso, cada vez se le da más importancia a este tema; lamentablemente, este eco no se plasma al momento de darle el espacio correspondiente, tanto en el sentido económico como político, generalmente al momento de ejecutar tales programas y acuerdos, desembocando en la actual problemática.
- La visión que hoy en día se tiene acerca del manejo y tratamientos que se le debe dar al agua es tan reducida que solo se van creando numerosas tecnologías y métodos para descontaminar o reusar el agua a nivel de cada empresa por ejemplo, y no se tiene una verdadera integración del manejo del agua que involucre todos sus componentes de interacción.

5.2 RECOMENDACIONES

- Realizar un programa de monitoreo periódico y continuo del río Cutuchi (dos o por lo menos una vez por año), para de esta manera tener un criterio estadístico más amplio sobre el comportamiento en la calidad del agua, y conocer con mayor detalle las características físicas, químicas y biológicas de este recurso, lo que permitirá tener criterios de mayor relevancia al momento de tomar decisiones de tipo técnico en cuanto al manejo de la calidad de sus aguas.

- En el presente trabajo se plantea una recuperación de las riberas del río Cutuchi, lo cual puede servir como un elemento importante de presentación y atracción paisajística de la ciudad de Latacunga, por lo que para un manejo apropiado de este recurso se recomienda un adecuado sistema de recolección de residuos sólidos, que involucre a la sociedad latacungueña en la concientización sobre el tema, para evitar que muchos de estos desechos lleguen hasta las orillas e incluso lleguen a las aguas del río.
- Realizar campañas y programas estratégicos de difusión y concientización a nivel de todos los sectores sociales, puesto que el conocimiento de las causas y efectos de los problemas ambientales es clave para llegar a una gestión o manejo eficiente y sustentable de los recursos naturales.
- Los estudiantes deben involucrarse en temas reales que afectan a nuestra sociedad, para que con el aporte de cada uno se vayan solucionando los conflictos de carácter ambiental que nos aquejan.

6 BIBLIOGRAFÍA

1. Abad, C., & Aulestia, E. (2008). Plan de manejo ambiental para una explotación florícola caso: Célica flowers (Cayambe-Pichincha) (Tesis pregrado ed.). Quito: Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Química e Industrial. p. 170-173
2. ACCIÓN ECOLÓGICA. (2000). CASO 1: La industria de las flores las flores del mal: las floricultoras y su crecimiento acelerado. ACCIÓN ECOLÓGICA, 2-3.
3. Alvarez Calvache, F. C. (2010). Las aguas residuales provenientes del faenamiento en el camal municipal Salcedo y su incidencia en la contaminación del río Cutuchi (Tesis Postgrado ed.). Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Bioquímica. p. 1-13.
4. Arévalo, W. (2004). Consideraciones ambientales para plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas utilizando tanques imhoff en la colonia el Tesoro, Mixco (Tesis Pregrado ed.). Guatemala: UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA. Facultad de Ingeniería Civil.
5. Armas, M. (2006). Efecto del haz de electrones acelerados sobre la remoción de pesticidas en aguas de cultivo de plantaciones de flores de exportación (Tesis pregrado ed.). Quito: Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Química e Industrial. p. 217
6. Asamblea Constituyente. (2008). Constitución de la República del Ecuador. Quito: V&M Gráficas.
7. Barona, W. (2009). Diseño de una planta para la producción de agua apta para el consumo humano en la planta de producción de Familia Sancela S.A. (Tesis de pregrado ed.). Riobamba: Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. Facultad de Ingeniería Química. p. 145

8. Cáceres, F. (2010). *Avances descontaminación del Río Cutuchi*. Recuperado el Noviembre de 2012, de <http://www.slideshare.net/fernandocacerescortez/presentacion-final-asamblea-20-de-julio-correcto>
9. Carrasco, F., & Albán, C. (2008). Estudio para la creación de una empresa comercializadora de productos de seguridad industrial en la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi (Tesis de pregrado ed.). Sangolquí: Escuela Politécnica del Ejército. p. 56
10. CEPEIGE. (2005). Inclusión de la variable de riesgo natural en el plan de uso y ocupación del suelo en la ciudad de Latacunga. Quito.
11. Consejo Nacional de Recursos Hídricos. (2003). *Manejo integral de los recursos hídricos y Tratamiento de las aguas servidas – Cuenca del río Cutuchi*. Recuperado el Noviembre de 2012, de <http://www.slideshare.net/luchinll/pitolo-rio-cutuchi>
12. Cooperación Técnica República Federal de Alemania. (1984). Manual de Disposición de Aguas Residuales (Vol. 1). Berlin - Heidelberg - New York: SPRINGER - VERLAG.
13. EcoCiencia, A. (2005). *Páramo y contaminación*. Recuperado el Octubre de 2013, de http://www.ecociencia.org/archivos/paramo_GTP20-091128.pdf
14. GAD Municipal Latacunga. (2010). Situaciones Socio-Cultural, Político-Institucional, Ambiental y Económica del Cantón Latacunga. Latacunga: N/A.
15. García, R. A. (2010). Auditoría Ambiental de la planta Alpina productos alimenticios Machachi (Tesis Pregrado ed.). Universidad Técnica Particular de Loja, Escuela de Ciencias Ambientales.
16. Grupo de trabajo en páramos del Ecuador. (2005). *Páramo y Contaminación. En Recursos Hídricos y Contaminación de la Cuenca del Río Cutuchi*.
17. Guamanquishpe, M. (2011). Gestión de procesos para incrementar la capacidad de producción en el área de tinturado y acabados en la empresa textil ANDELAS CÍA. LTDA. (Tesis de pregrado ed.). Ambato: Universidad

- Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. p. 66
18. Guzmán, K.& Guerrero, L. (2005). Co-tratamiento aerobio de aguas residuales industriales y domestica. Recuperado Julio de 2013, de <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/aresidua/peru/chitar019.pdf>
 19. Instituto de Problemas Nacionales. (2010). *Definición de Socio-Ambiental*. Recuperado el Octubre de 2012, de http://sitios.usac.edu.gt/ipn_usac/?page_id=544
 20. Estudio de Impacto Ambiental Ex-Post Florecal S.A. (2008). Recuperado el Marzo de 2013, de <http://www.florecal.com/fileadmin/media/documentos/eia-ex-post-florecal.pdf>
 21. Metcafl & Eddy, I. (1995). Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento, Vertido y Reutilización. (Tercera ed., Vol. 1). Madrid, España: McGraw-Hill. p. 95, 125.
 22. Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2011). *Informe Técnico No. 1412 DNCA SCA MAE 2010*. Latacunga: N/A.
 23. Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2011). *INFORME TECNICO No. 280-11-UCA-DPC-MAE. Monitoreo del río Pujilí*. Latacunga: N/A.
 24. Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2011). *INFORME TECNICO No. 281-11-UCA-DPC-MAE. Monitoreo del río Aláquez*. Latacunga: N/A.
 25. Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2011). *INFORME TECNICO No. 284-11-UCA-DPC-MAE. Monitoreo del río Illuchi*. Latacunga: N/A.
 26. Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2011). *INFORME TECNICO No. 285-11-UCA-DPC-MAE. Monitoreo del río Yanayacu*. Latacunga: N/A.
 27. Ministerio de Ciencia, Tecnología Y Medio Ambiente. (15 de Julio de 1999). Elementos metodologicos para la introduccion de prácticas de producción más limpias. Alternativas para el aprovechamiento económico de residuales. Recuperado el 2013, de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd29/tecnologiaslimpias.pdf>. p. 25-29,37,40.

28. Ministerio de Coordinación de la Política y Gobiernos Autónomos Descentralizados. (2011). Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización. COOTAD (Primera ed.). Quito: V&M Gráficas.
29. Moreno, J., & Moral, R. (2007). Compostaje. Madrid, España: Mundi-Prensa. p. 11,12, 17-20,24,33,34.
30. Noroña, J. (2001). Diseño de un sistema térmico para tratamiento de efluentes líquidos de una empresa siderúrgica (Tesis Pregrado ed.). Quito: Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Ingeniería Química e Industrial.
31. Ortiz Velasteguí, J. F. (2011). Implementación del programa de producción más limpia en la fábrica de embutidos Catalán-Parma, para mejoramiento continuo en sus procesos y control de la contaminación ambiental (Tesis Postgrado ed.). Ambato: Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. p. 21-24,32-37,62,63,129
32. Pacurucu, A. R. (2011). Plan de Manejo Ambiental para la industria láctea "Productos San Salvador" (Tesis Pregrado ed.). Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Escuela de Ciencias Químicas. p. 5-7,22-32,33-35,58-61,88-99,114-118
33. Pérez, R. (s.f.). www.diccionariobiograficoecuador.com. Recuperado el 2013, de <http://www.diccionariobiograficoecuador.com/tomos/tomo21/n2h.htm>
34. PETROCOMERCIAL - FILIAL DE PETROECUADOR. (2010). Auditoria Ambiental EP PETROECUADOR. Recuperado el Marzo de 2013, de <http://repositorio.eppetroecuador.ec/bitstream/20000/119/1/T-UCE-091.PDF>
35. RED DE DESARROLLO SOSTENIBLE. (2010). Recuperado el Octubre de 2012, de http://www.rds.org.co/aa/img_upload/30af8836e18ffedc2f0c15373601ed59/gestion_ambiental.pdf
36. Revista Ambientum. (Junio de 2002). Clasificación de aguas residuales industriales. Recuperado el 2013, de http://www.ambientum.com/revista/2002_22/CLSFCCNG3.asp.

37. Ministerio de Ciencia, Tecnología Y Medio Ambiente. (15 de Julio de 1999). Elementos metodológicos para la introducción de prácticas de producción más limpias. Alternativas para el aprovechamiento económico de residuales. Recuperado el 2013, de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd29/tecnologiaslimpias.pdf>. p. 25-29,37,40.
38. Secretaría Nacional del Agua. (2011). Diagnóstico. Contaminación cuenca del río Cutuchi. Latacunga: N/A.
39. TULSMA. LIBRO VI ANEXO 1. (2003). NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES : RECURSO AGUA. Quito.
40. Universidad en línea. (2010). *Gestión ambiental: Concepto e importancia*. Recuperado el Octubre de 2013, de <http://www.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo.asp?idarticulo=166>
41. Viteri Heredia, M. (2003). Propuesta de un modelo para toma de decisiones en base a los costos de producción en la empresa Don Diego (Tesis Pregrado ed.). Latacunga: Escuela Superior Politécnica del Ejército, Facultad de Ciencias Administrativas. p. 29-39
42. Wagner, W. (2010). Recomendaciones para la elección de plantas de tratamiento de agua residual aptas para Bolivia. (Primera ed.). La Paz: www.proapac.org. p. 34-89

ANEXOS

ANEXO 1

**LISTADO DE INDUSTRIAS ANALIZADAS SOBRE EL RÍO CUTUCHI EN EL
ÁREA DE INFLUENCIA DEL CANTÓN LATACUNGA**

Tabla 6-1: Industrias en el área de influencia del cantón Latacunga

N°	ACTIVIDAD DE LA EMPRESA	NOMBRE DE LA EMPRESA	SECTOR	ESTE	NORTE
1	Industria Alimenticia	Safesa	Mulaló	765743	9912388
2	Estación de Servicio	Bellavista	Aláquez	765577	9902772
3	Estación de Servicio	Corazón de Jesús	Aláquez	766084	9904218
4	Estación de Servicio	Divino Niño	Eloy Alfaro	764001	9903031
5	Estación de Servicio	Ventura	Guaytacama	766053	9915162
6	Estación de Servicio	Silva	Ignacio Flores	765511	9893850
7	Estación de Servicio	Latacunga	Ignacio Flores	765901	9893261
8	Estación de Servicio	El Fogón	La Matriz	765819	9895674
9	Estación de Servicio	El terminal	La Matriz	764962	9896211
10	Estación de Servicio	Mama Negra	La Matriz	765949	9894620
11	Estación de Servicio	Sindicato de Choferes Cotopaxi	La Matriz	764027	9898911
12	Estación de Servicio	Manuel Albán	La Matriz	763941	9900881
13	Estación de Servicio	Mulaló	Mulaló	769388	9913201
14	Estación de Servicio	Avelino	Pastocalle	767673	9921813
15	Estación de Servicio	Cotopaxi	Pastocalle	764793	9911119
16	Estación de Servicio	Lasso	Pastocalle	766008	9916317
17	Estación de Servicio	El Progreso	Pastocalle	766019	9918975
18	Estación de Servicio	Virgen de las Mercedes	San Buenaventura	764229	9897861
19	Estación de Servicio	La Dolorosa	Tanicuchi	763782	9915555
20	Florícola	SanbelFlowers CIA. LTDA.	Aláquez	765370	9904545
21	Florícola	Megaroses	Aláquez	766876	9905570
22	Florícola	Ever Green Roses 1	Aláquez	766743	9905952
23	Florícola	Ever Green Roses 2	Aláquez	767793	9906164
24	Florícola	Santa Mónica CIA. LTDA.	Aláquez	768484	9905906
25	Florícola	Rosalquez	Aláquez	766891	9905969
26	Florícola	HaghighlandProfarm	Aláquez	765222	9904692
27	Florícola	Eastman Pérez CIA LTDA.	Aláquez	764904	9903760
28	Florícola	MariasFlowers	Aláquez	763582	9906377
29	Florícola	S/N	Aláquez	765858	9903506
30	Florícola	Nintang S.A.	Guaytacama	763582	9906377

N°	ACTIVIDAD DE LA EMPRESA	NOMBRE DE LA EMPRESA	SECTOR	ESTE	NORTE
31	Florícola	JardinesPiavieri	Joseguango Bajo	765974	9909433
32	Florícola	Diamond Rose	Joseguango Bajo	768291	9910467
33	Florícola	Agrogana	Joseguango Bajo	764635	9909807
34	Florícola	Agriful	Mulaló	767590	9908195
35	Florícola	Agrocoex Finca La Victoria	Mulaló	767845	9913304
36	Florícola	EQR 2 La Ciénega	Mulaló	765796	9915118
37	Florícola	Valde de Sol	Mulaló	766666	9915457
38	Florícola	Tambo Roses	Mulaló	767143	9912276
39	Florícola	Rosel y Flower	Mulaló	766199	9904908
40	Florícola	La Rosaleda	Mulaló	767587	9915082
41	Florícola	Pambaflor S.A.	Mulaló	766504	9912431
42	Florícola	Sierra Flor	Mulaló	767314	9915176
43	Florícola	EQR San Luis	Mulaló	765031	9915220
44	Florícola	Rose Succes	Tanicuchi	763107	9914488
45	Florícola	NativeBlooms	Tanicuchi	763673	9911599
46	Florícola	Exrocob	Tanicuchi	766093	9914614
47	Florícola	Rose&Rose	Tanicuchi	763360	9914013
48	Florícola	Petyros	Tanicuchi	764433	9914701
49	Florícola	Flores del Cotopaxi	Tanicuchi	764510	9914764
50	Florícola	SisariFarmas	Tanicuchi	764827	9914971
51	Florícola	NineFlowers	Tanicuchi	765572	9910364
52	Florícola	Provefrut	Guaytacama	763936	9906352
53	Florícola	Nova S.A.	Tanicuchi	766078	9915561
54	Florícola	Pilvicsa La Victoria	Guaytacama	767475	9912815
55	Industria Alimenticia	Casa Guillo	Guaytacama	766040	9915260
56	Industria Alimenticia	Molinos Oro Blanco	Juan Montalvo	766306	9897558
57	Industria Alimenticia	Molinos Poultier	La Matriz	765377	9896139
58	Industria Láctea	Parmalat	Pastocalle	765958	9916348
59	Industria Láctea	Tanicuchi	Tanicuchi	762688	9913645
60	Industria Láctea	Indulac	Tanicuchi	765749	9912790
61	Industria Láctea	Avelito S.A.	Tanicuchi	764304	9911211
62	Industria Láctea	Morales	Tanicuchi	766015	9917310

N°	ACTIVIDAD DE LA EMPRESA	NOMBRE DE LA EMPRESA	SECTOR	ESTE	NORTE
63	Industria maderera	Aglomerados Cotopaxi	Tanicuchi	765792	9917709
64	Industria Papelera	Familia Sancela	Guaytacama	766002	9915888
65	Industria textil	Textiles Salazar	Tanicuchi	766144	9914261
66	Lubricadora	Corazón de Jesús	Aláquez	766164	9904440
67	Lubricadora	Cali	Aláquez	766164	9904460
68	Lubricadora	Mi lindo Ecuador	Aláquez	766040	9904054
69	Lubricadora	Cando	Eloy Alfaro	763412	9898213
70	Lubricadora	Lubricar	Eloy Alfaro	763585	9897694
71	Lubricadora	San Felipe	Eloy Alfaro	763864	9897135
72	Lubricadora	El Spa del Trailer	Eloy Alfaro	764068	9898107
73	Lubricadora	Amigo del Transporte	Eloy Alfaro	764250	9896753
74	Lubricadora	Osorio	Eloy Alfaro	764339	9896604
75	Lubricadora	Su Escania Programada	Ignacio Flores	765511	9893875
76	Lubricadora	Cash-Wash	Ignacio Flores	765961	9891999
77	Lubricadora	Lubrimotos	Ignacio Flores	765948	9895100
78	Lubricadora	Lubrisur	Ignacio Flores	765948	9895080
79	Lubricadora	Niño Jesús	Mulaló	765571	9904438
80	Lubricadora	Novi	San Buenaventura	764925	9899265
81	Lubricadora	Lubrinorte	San Buenaventura	764929	9898769
82	Lubricadora	Canelosa	San Buenaventura	764023	9899135
83	Lubricadora	Reina del Cisne	San Buenaventura	763907	9900255
84	Lubricadora	Bellavista	San Buenaventura	765517	9902574
85	Lubricadora	Martínez	San Buenaventura	765310	9901904
86	Lubricadora	Morales	Tanicuchi	766015	9917328
87	Lubricadora	Reina de Baños	Tanicuchi	766060	9915043
88	Lubricadora	Reina del Quinche	Tanicuchi	764557	9916596
89	Metalúrgica (acero)	Novacero	Guaytacama	765571	9912417
90	Metalúrgica (acero)	Industria del Acero	Ignacio Flores	765470	9894079
91	Saneamiento	Camal Latacunga	Eloy Alfaro	767229	9898233

Elaborado por: Molina B., Gaviláñez J.

ANEXO 2

MAPAS DEL CANTÓN LATACUNGA Y DE LA ZONA DE ESTUDIO
(RÍO CUTUCHI)

ANEXO 3

ENCUESTAS