



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA DE MEDIO AMBIENTE

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“EVALUACIÓN DE LAS DESCARGAS DEL CAMAL MUNICIPAL DEL
CANTÓN LATACUNGA Y CAPACIDAD DE AUTODEPURACIÓN DEL RÍO
YANAYACU”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniera de Medio
Ambiente

Autora:

Paredes Alarcón María José

Tutor:

Ing. Lara Landázuri Renán Arturo

Latacunga - Ecuador

Marzo 2017

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo **María José Paredes Alarcón** declaro ser autora del presente proyecto de investigación: **“Evaluación De Las Descargas Del Camal Municipal Del Cantón Latacunga Y Capacidad De Autodepuración Del Río Yanayacu”**, siendo el **Ing. Renán Arturo Lara Landázuri** tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

A handwritten signature in blue ink, reading "María José Paredes", is written over a horizontal dotted line.

María José Paredes Alarcón

050256707-6

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte María José paredes Alarcón, identificada con C.C. N° 0502567076, de estado civil, Soltera y con domicilio en Latacunga, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ing. MBA. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.- LA/EL CEDENTES es una persona natural estudiante de la carrera de **Ingeniería de Medio Ambiente**, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **Proyecto de Investigación** la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Unidad Académica según las características que a continuación se detallan:

Historial académico.-

Fecha de inicio de carrera: Octubre 2010

Fecha de finalización: Marzo 2017

Aprobación HCA.- 7 de mayo del 2016

Tutor.- Ing. Lara Landázuri Renán Arturo

Tema: Evaluación De Las Descargas Del Camal Municipal Del Cantón Latacunga Y Capacidad De Autodepuración Del Río Yanayacu.

CLÁUSULA SEGUNDA.- LA CESIONARIA es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA.- Por el presente contrato, **LA/EL CEDENTE** autorizan a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA.- OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **LA/EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- f) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA.- El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA/EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA.- El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA.- CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.- Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA/EL CEDENTE** podrán utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA.- LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS.- **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA/EL CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA.- El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en las cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA.- En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA.- Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 04 días del mes de Agosto del 2016.



María José Paredes Alarcón

LA CEDENTE

Ing. MBA. Cristian Tinajero Jiménez

EL CESIONARIO

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“Evaluación De Las Descargas Del Camal Municipal Del Cantón Latacunga Y Capacidad De Autodepuración Del Río Yanayacu”, de **Paredes Alarcón María José**, de la carrera **Ingeniería de Medio Ambiente**, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Marzo, 2017



Ing. Renán Arturo Lara Landázuri

C.I. 040048801-1

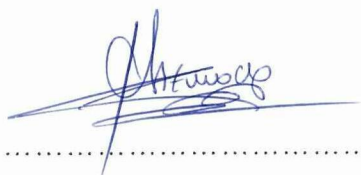
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, la postulante: **María José Paredes Alarcón** con el título de Proyecto de Investigación: **“Evaluación De Las Descargas Del Camal Municipal Del Cantón Latacunga Y Capacidad De Autodepuración Del Río Yanayacu”** ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Marzo 2017

Para constancia firman:



Lector 1 (Presidente)

Nombre: Dr. Polivio Moreno

CC: 050104764-1



Lector 2

Nombre: Ing. Alexandra Tapia

CC: 050266175-4



Lector 3

Nombre: Ing. Isaac Cajas

CC: 050220516-4

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios por darme la vida y todas las pruebas por las que he pasado para ser una mejor persona. A mi madre Claudina por ser esa luz que me mantiene viva, a mi hermana Gabriela quien con su esfuerzo me guio hasta donde estoy, gracias por ser el padre que necesite, mis hermanos Juan y María, por las noches de insomnio, las risas, los enojos y el apoyo incondicional. Mi cuñada Jaqueline quien se convirtió en una hermana más y mis sobrinos quienes son mi motor para el futuro.

Dé manera especial al Ing. Renán Lara por su esfuerzo e impulso constante, quien gracias a sus conocimientos y acertada guía permitió la culminación exitosa del proyecto.

A la Ing. Alexandra Tapia por ser más que una profesora una gran amiga y guía, a los honorables docentes Lectores del proyecto, por sus concejos, apoyo y su confianza en que puedo hacerlo cada vez mejor. Al Ing. David Carrera por su tiempo y ganas de ayudar.

Un agradecimiento de todo corazón a la Ing. Naty Ayala y el personal de la Dirección de Ambiente del GAD Latacunga, por recibirme con las puertas abiertas, brindándome consejo, experiencia y enseñanzas que serán fundamentales a lo largo de mi vida profesional.

María José

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a mis dos madres Claudina y Gabriela, por confiar en que podría hacerlo posible, por el amor y por sostenerme en mis peores momentos.

Juan, María, Jaqueline, Sebastián, Kevin, Melisa y Esteban, por ser la mejor familia que podría haber pedido y ser uno de los pilares que me sostienen en pie.

A Katherine y Carolina, porque sin ustedes la vida sería más triste y oscura, gracias por siempre creer que puedo hacerlo todo.

A todas esas personas que están lejos, pero que han compartido este viaje junto a mí, por sus consejos y lucha para que no me rinda, las llevo en mi corazón.

María José

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TITULO: “EVALUACIÓN DE LAS DESCARGAS DEL CAMAL MUNICIPAL DEL CANTÓN LATACUNGA Y CAPACIDAD DE AUTODEPURACIÓN DEL RÍO YANAYACU”

Autor:

María José Paredes Alarcón

RESUMEN

La investigación se enfocó en determinar la capacidad de autodepuración que posee el río Yanayacu, en base a las descargas de efluentes generadas por el Camal Municipal del Cantón Latacunga y su carga contaminante. Para lo cual, el estudio estuvo compuesto de tres etapas: cantidad de agua, calidad de agua y capacidad de autodepuración. La primera fase inicio con la delimitación de la cuenca hidrográfica del río, mediante una carta topográfica de la ciudad de Latacunga conjuntamente con el uso del programa Qgis, se trabajó con mapas de textura y uso de suelo del cantón. Además del levantamiento de información de datos meteorológicos e hidrológicos recopilados en los anuarios provistos por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), con lo cual se consiguió establecer una base de las condiciones de la cuenca río. La segunda etapa del estudio consistió en realizar visitas de campo, determinando de esta forma los puntos de muestreo, donde se llevó a cabo el monitoreo de agua, siendo estos 6 puntos seleccionados incluyendo la descarga del camal. La recolección de muestras se efectuó, siguiendo los protocolos pertenecientes a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:98, con el apoyo de personal del Laboratorio Acreditado de Análisis Ambiental e Inspección CESTTA, de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Mediante los resultados de los análisis, se estableció la calidad de agua, por medio de la comparación con el Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua, expedido por el Acuerdo Ministerial

los parámetros: grasas y aceites, demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno, nitrógeno, coliformes totales y fecales sobrepasan el valor límite permisible, manifestando el tratamiento deficiente que se da a los contaminantes de tipo orgánico por parte del Camal Municipal. Una vez obtenidos los datos necesarios, se procedió a la determinación de la capacidad autodepurativa del río con la elaboración de gráficos estadísticos en base los valores resultantes de los análisis de agua, determinando el comportamiento de los parámetros a lo largo del cauce y como afectó las aguas residuales en ellos. Finalmente se implementó el modelo matemático desarrollado por Streeter y Phelps, que determino el déficit y la concentración de oxígeno disuelto en cada uno de los puntos muestreados a lo largo del tramo hídrico establecido, con un valor de 0 mg/L en la descarga condición catalogada como anoxia y 6,6 mg/L en el punto final retomando la condición aceptable presentada aguas arriba del efluente. Mediante los resultados obtenidos se determinó que el río Yanyacu mantiene una capacidad de autodepuración significativa que permite la degradación de contaminantes orgánicos de forma exitosa.

Palabras clave: Oxígeno disuelto, autodepuración, aguas residuales, Streeter y Phelps.

TOPIC: EVALUATION OF THE DISCHARGES OF THE MUNICIPAL ABATTOIR IN LATACUNGA CANTON AND THE OF SELF-PREPARATION CAPACITY OF THE YANAYACU RIVER”

Author: Paredes Alarcón María José

ABSTRACT

The investigation focused on determining the Yanayacu River's self-purification capacity, based on the effluent discharges generated by the Latacunga Municipal abattoir and its pollution. For this reason, the study was composed in three stages: Water quantity, water quality and self-purification capacity. The first phase, starts with the delimitation of the river basin, using a topographic map of Latacunga city and the use of the “Qgis” program, worked with texture and land, using maps of the canton. In addition to the collection of information on meteorological and hydrological data collected in the yearbooks provided by the National Institute of Meteorology and Hydrology (INAMHI), which was able to establish a basis for the conditions of the river basin. The second stage of the study consisted of field visits, determining the points of interest, where the water monitoring was carried out, these 6 points being selected including the discharge to this place. The gathering of samples was carried out, following the protocols pertaining to the Technical Norm NTE INEN 2169: 98, with the support of personal of the Accredited Laboratory of Environmental Analysis and Inspection CESTTA, of the Higher Polytechnic School of Chimborazo. Through the results of the analyzes, the water quality was established by comparing it with Annex 1 of Book VI of the Unified Text of Secondary Legislation of the Ministry of the Environment: Environmental Quality and Effluent Discharge to Water Resource Standard, Issued by Ministerial Agreement 097, determining the level of compliance with the parameters established in Table 3, Water Quality Criteria for Agricultural Irrigation and Table 9 Limits of Discharge to a Fresh Water Body, where it was observed that parameters such as Fecal Coliform or Oxygen chemical demand exceeds the permissible limit value. Once these data were obtained, the determination of the auto depurative capacity of the river was carried out, with the elaboration of statistical graphs based on all the parameters resulting from the water analysis, determining its evolution along the channel and how it affected the residual waters in them. Finally, the mathematical model developed by Streeter and Phelps was implemented, which takes into account the evolution of the dissolved oxygen concentration in a river section from a discharge.

Keywords: Dissolved oxygen, auto depuration, wastewater, Streeter and Phelps.

ÍNDICE

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR	III
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	VI
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	VII
AGRADECIMIENTO	VIII
DEDICATORIA	IX
RESUMEN.....	X
ABSTRACT	XII
1.INFORMACIÓN GENERAL	1
2.JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	2
3.BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	3
4.EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:.....	4
5.OBJETIVOS:.....	5
6.ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS:.....	5
7.FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	9
7.1. EL CICLO HIDROLÓGICO	9
7.2. CUENCA HIDROGRÁFICA	9
7.3. BALANCE HIDROLÓGICO	9
7.3.1. Precipitación	10
7.3.2. Evaporación	10
7.3.3. Escorrentía	11
7.3.4. Infiltración.....	11
7.3.5. Aportaciones.....	12
7.4. CALIDAD DE AGUA.....	12
7.4.1. Parámetros físicos, químicos y biológicos	12
7.4.1.1. Parámetros Físicos	13
7.4.1.2. Parámetros Químicos	14
7.4.1.3. Parámetros Microbiológicos.....	16
7.5. AGUAS RESIDUALES.....	17
7.5.1. Tipos De Aguas Residuales	18
7.5.1.1. Aguas residuales domésticas.....	18
7.5.1.2. Aguas residuales sanitarias.....	18
7.5.1.3. Aguas residuales industriales	19
7.5.1.4. Aguas residuales de camales	19
7.6. CONTAMINACIÓN DE RÍOS.....	20
7.6.1. Tipos De Contaminantes:	20
7.6.2. Clasificación De Los Contaminantes:	20
7.6.2.1 Contaminantes Inorgánicos:	20
7.6.2.2 Contaminantes Orgánicos:.....	21
7.7. AUTODEPURACIÓN DE LOS RÍOS.....	21
7.7.1. Zonas de Depuración	22
7.7.1.1. Zona de degradación próxima al vertido	22
7.7.1.2. Zona de descomposición activa	22
7.7.1.3. Zona es la de recuperación	23

7.7.1.4. Zona de aguas limpias	23
7.8. MODELO DE STREETER Y PHELPS	24
8. PREGUNTA CIENTÍFICA.....	24
9. METODOLOGÍA	25
9.1. VISITA DE CAMPO:	25
9.2. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO:	26
9.2.1. <i>Delimitación de la cuenca hidrográfica</i>	26
9.3. ESTABLECER LAS CONDICIONES HIDROMETEOROLÓGICAS.....	28
9.3.1. <i>Datos meteorológicos e hidrológicos</i>	28
9.3.2. <i>Mapas de textura y uso de suelo</i>	30
9.4. CALIDAD DE AGUA.....	31
9.4.1. <i>Monitoreo del río Yanayacu</i>	31
9.4.1.1. Muestreo	31
9.4.1.2. Parámetros a evaluarse	33
9.5. PROCESO DE AUTODEPURACIÓN.....	34
9.5.1. <i>Modelo de Streeter y Phelps</i>	35
9.5.1.1. Concentración de saturación.	35
9.5.1.1. Desoxigenación:	36
9.5.1.2. Reoxigenación:.....	37
10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	39
10.1. CONDICIONES HIDROMETEOROLÓGICAS DEL RÍO YANAYACU.....	39
10.1.1. <i>Tipos de textura en la cuenca del río Yanayacu:</i>	39
10.1.2. <i>Tipo de uso de suelo en la cuenca del río Yanayacu:</i>	40
10.1.3. <i>Datos hidrológicos</i>	42
10.1.3.1. Caudal.....	42
10.1.4. <i>Datos meteorológicos</i>	44
10.1.4.1. Precipitación.....	44
10.1.4.2. Temperatura.....	45
10.1.4.3. Heliofanía	47
10.1.4.2. Evaporación.....	48
10.2. CALIDAD DE AGUA EN EL RÍO YANAYACU.	49
10.2.1 <i>Resultados de los Análisis</i>	49
10.3. CAPACIDAD DE AUTODEPURACIÓN DEL RÍO YANAYACU.....	56
10.3.1 <i>Comportamiento de los parámetros evaluados.</i>	56
10.3.2. <i>Modelación del oxígeno disuelto.</i>	72
10.3.2.1. Calculo de la concentración de saturación.	72
10.3.2.2. Calculo del déficit inicial.....	78
10.3.2.3. Constante de Desoxigenación	81
10.3.2.4. Constante de reaireación.....	81
10.3.2.4. Desarrollo del Modelo	82
11. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS):	84
11.1. IMPACTOS TÉCNICOS	84
11.2. IMPACTOS SOCIALES.....	84
11.3. IMPACTOS AMBIENTALES	85
11.4. IMPACTOS ECONÓMICOS.....	85
12. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO.....	85
13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	86
14. BIBLIOGRAFÍA.....	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Beneficiarios directos e indirectos.	3
Tabla 2: Rangos de concentración de oxígeno disuelto y consecuencias ecosistémicas frecuentes.	15
Tabla 3: Puntos de muestreo.	25
Tabla 4: Escala de tiempo para datos hidrológicos.	28
Tabla 5: Escala de tiempo para datos meteorológicos.	29
Tabla 6: Datos estación limnimétrica	29
Tabla 7: Datos estación agrometeorológica.	29
Tabla 8: Matriz para parámetros meteorológicos e hidrológicos	30
Tabla 9: Resultados de los análisis.	34
Tabla 10: Tipos de textura en la cuenca hidrográfica río Yanayacu.	40
Tabla 11: Tipos de uso de suelo en la cuenca hidrográfica río Yanayacu.	41
Tabla 12: Caudales medios anuales 1990-2013.	43
Tabla 13: Caudales medios mensuales 1990-2013.	43
Tabla 14: Precipitación media anual 1977-2015.	44
Tabla 15: Precipitación media mensual 1977-2015.	45
Tabla 16: Temperatura media anual 1990-2012.	46
Tabla 17: Temperatura media mensual 1990-2012.	46
Tabla 18: Heliofanía media anual 1990-2012.	47
Tabla 19: Heliofanía media mensual 1990-2012.	48
Tabla 20: Evaporación media anual 1990-2012.	48
Tabla 21: Evaporación media mensual 1990-2012.	49
Tabla 22: Resultados de los análisis – Camal Municipal 01	50
Tabla 23: Resultados de los análisis – Camal Municipal 02	51
Tabla 24: Resultados de los análisis – Camal Municipal 03	52
Tabla 25: Resultados de los análisis – Camal Municipal 04	53
Tabla 26: Resultados de los análisis – Camal Municipal 05	54
Tabla 27: Resultados de los análisis – Camal Municipal 06	55
Tabla 28: Resultados de aceites y grasas.	56
Tabla 29: Resultados de turbidez.	57
Tabla 30: Resultados de dureza total	58
Tabla 31: Resultados de sólidos suspendidos.	59
Tabla 32: Resultados de sólidos sedimentables	60
Tabla 33: Resultados de color.	61
Tabla 34: Resultados de fósforo total.	62
Tabla 35: Resultados de nitrógeno total.	63
Tabla 36: Resultados de tensoactivos.	64
Tabla 37: Resultados de conductividad eléctrica.	65
Tabla 38: Resultados de oxígeno disuelto.	66
Tabla 39: Resultados de pH.	67

Tabla 40: Resultados de DQO.	68
Tabla 41: Resultados de DBO5.	69
Tabla 42: Resultados de coliformes totales.	70
Tabla 43: Resultados de coliformes fecales.	71
Tabla 44: Cálculo de concentraciones de saturación (ODs) en 6 puntos del río Yanayacu.	78
Tabla 45: Cálculo del déficit de oxígeno.	80
Tabla 46: Cálculo de constante de reaeración.	82
Tabla 47: Modelación del déficit de oxígeno y concentración de oxígeno disuelto en 4 puntos del río Yanayacu.	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de la autodepuración de un río	23
Figura 2: Croquis de los puntos de muestreo.	25
Figura 3: Ubicación de los puntos de muestreo.	25
Figura 4: Ubicación del punto de aforo	26
Figura 5: Cuenca hidrográfica río Yanayacu	28
Figura 6: Tipos de textura en la cuenca hidrográfica río Yanayacu.	39
Figura 7: Tipo de uso de suelo en la cuenca hidrográfica río Yanayacu.	41
Figura 8: Comportamiento de grasas y aceites en el río.	56
Figura 9: Comportamiento de la turbidez en el río.	57
Figura 10: Comportamiento de la dureza total en el río.	58
Figura 11: Comportamiento de los sólidos suspendidos en el río.	59
Figura 12: Comportamiento de los sólidos sedimentables en el río.	60
Figura 13: Comportamiento del color en el río.	61
Figura 14: Comportamiento del fósforo total en el río.	62
Figura 15: Comportamiento del nitrógeno total en el río.	63
Figura 16: Comportamiento de tensoactivos en el río.	64
Figura 17: Comportamiento de la conductividad eléctrica en el río.	65
Figura 18: Comportamiento del oxígeno disuelto en el río.	66
Figura 19: Comportamiento del potencial hidrógeno en el río.	67
Figura 20: Comportamiento de la DQO en el río.	68
Figura 21: Comportamiento de la DBO5 en el río.	69
Figura 22: Comportamiento de las coliformes totales en el río.	70
Figura 23: Comportamiento de las coliformes fecales en el río.	71
Figura 24: Modelamiento de Déficit y concentración de oxígeno disuelto en el río Yanayacu.	84

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

Evaluación De Las Descargas Del Camal Municipal Del Cantón Latacunga Y Capacidad De Autodepuración Del Río Yanayacu.

Fecha de inicio:

- Mayo 2016

Fecha de finalización:

- Marzo 2017

Lugar de ejecución:

- El proyecto será ejecutado en la provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga, barrio Juan Montalvo, en el río Yanayacu. Con un tramo de 50 metros antes de la descarga del Camal Municipal en las coordenadas: 767306 E y 9898279 N. Hasta la descarga al río Cutuchi en las coordenadas: 764955 E y 9896568 N.

Facultad que auspicia

- Facultad De Ciencias Agropecuarias Y Recursos Naturales

Carrera que auspicia:

- Carrera de Ingeniería en Medio Ambiente

Proyecto de investigación vinculado:

Equipo de Trabajo:

- Tutor del proyecto: Ing. Renán Lara

Coordinador del Proyecto

- Nombre: Paredes Alarcón María José
- Teléfonos: 032812347 - 0996002165
- Correo electrónico: maria.paredes6@utc.edu.ec

Área de Conocimiento:

- Ciencias y sub área: ciencias de la vida

Línea de investigación:

- Línea 5. Energías Alternativas y Renovables, Eficiencia Energética y Protección Ambiental

Sub líneas de investigación de la Carrera:

- Sub Línea: Impactos Ambientales

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El agua es un elemento fundamental para la vida, sin ella ningún organismo podría existir. Es debido a este principio, que toda población o comunidad ha buscado siempre, el asentarse cerca de una fuente de agua. Sin embargo, a medida que la humanidad continuó su desarrollo, aunque disponibles en mayor o menor cantidad, los recursos hídricos fueron contaminados gradualmente, debido a que varias de las actividades de carácter antropogénico, que utilizan este elemento como un insumo de sus procesos productivos. Provocan afectación a su calidad, amenazando de esta manera con su uso, al ser humano y a los ecosistemas. Generando riesgos para la salud y el equilibrio ambiental.

Los parámetros de calidad exigibles a cada tipo de cuerpo de agua (subterránea, continental, marítima, etc.) son variables, siendo distinto el comportamiento de cada cuerpo frente a la contaminación. Sin embargo, en todos los casos la naturaleza de los cauces, tiende a eliminar las sustancias contaminantes por sí misma. En particular, los ríos poseen índices de calidad que

disminuyen con la proximidad a los núcleos de población, donde se reduce su caudal y aumentan los vertidos.

En la ciudad de Latacunga la presencia del Camal Municipal, ha sido una constante en lo referente a la contaminación del río Yanayacu, donde el mayor foco de degradación es el conjunto de descargas de aguas residuales, procedentes del proceso de faenamiento. Por lo que se consideró necesario la realización de un estudio, que determine cuán comprometida esta la capacidad de autodepuración del río, constatando mediante los resultados, cuanta vida aún posee este y la posibilidad de una remediación natural a lo largo de su cauce.

La presente investigación mediante análisis de laboratorio certificado y un modelo matemático comprobado, permitirá el modelamiento de la concentración y déficit de oxígeno en los puntos definidos a lo largo del tramo hídrico escogido para el estudio, por tal motivo se justifica plenamente su realización, debido a que brinda datos confiables y verídicos, de la situación ambiental en la que se encuentra la comunidad asentada en las orillas del Yanayacu, además de que funcionará como base para la elaboración proyectos de la misma índole y como evidencia de los efectos del camal municipal para la futura toma de decisiones oportunas por parte de las autoridades respectivas.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Tabla 1: Beneficiarios directos e indirectos.

Directos	98.355 habitantes de la ciudad de Latacunga.
Indirectos	72.134 pobladores de las demás parroquias pertenecientes al cantón y usuarios de las concesiones del canal Latacunga – Salcedo – Ambato.

Fuente: Censo De Población Y Vivienda (CPV-2010)

4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:

Desde la antigüedad a nivel mundial, el acelerado desarrollo poblacional y las actividades antropogénicas, dan lugar a la contaminación de las aguas, debido a que estas siempre se han considerado como sumideros para los desechos humanos. Sin embargo, debido a los volúmenes de agua que transportan y al movimiento de las mismas, los ríos son capaces de regenerarse por sí mismos, neutralizando los efectos de las grandes cantidades de aguas residuales que reciben, ya sean estas de tipo industrial, doméstico, agrícola, etc.

En la actualidad, debido a la magnitud de la carga contaminante de las descargas. Esta capacidad autodepuradora se ha visto comprometida y superada, lo cual ha conllevado a la desaparición de tanto fauna como flora acuática y la consecuente destrucción del sistema fluvial, por la interrupción de las cadenas tróficas. Esta problemática requiere de estudios urgentes, para determinar cuanta vida poseen aún estos cuerpos de agua y a partir de los resultados, sentar una base para la posterior toma medidas y contrarrestar la destrucción de los mismos.

En el Ecuador, la mayor parte de ríos en especial en las regiones Costa y Sierra, presentan un alto grado de contaminación, debido a que las descargas de aguas residuales municipales e industriales, son vertidas directamente a los ríos más cercanos, generando contaminación directa y causando que el río se vuelva inerte.

Las plantas de sacrificio y faenado de animales destinados para el abasto público, forman parte de las industrias más contaminantes del país, debido a que en su mayoría, no cumplen con medidas técnico sanitarias y generan gran cantidad de desechos como: sangre, contenido ruminal, estiércol, etc. Los mismos que no son tratados de manera óptima, antes de ser descargados al medio ambiente.

Según el III Censo Nacional Agropecuario (2000), Ecuador cuenta con una población aproximada de 4.5 millones de bovinos, distribuidos en todo el territorio nacional y con más de 200 mataderos localizados. Que en su mayoría son administrados por los municipios y que no toman medidas de prevención ante esta problemática.

En la ciudad de Latacunga el Camal Municipal debe ser tomado muy en cuenta, al ser una de las principales fuentes de contaminación del río Yanayacu, ya que en el historial de este centro de

faenamiento, regularmente se ha tenido problemas por el mal manejo de los efluentes descargados al río, llegando incluso a un cierre temporal por parte del Ministerio del Ambiente.

Si bien es cierto en la actualidad y según la información emitida por el GAD Municipal, se cuenta con un mejor tratamiento, es necesario verificar que este sea adecuado y eficiente. Determinando mediante el análisis de los niveles de autodepuración, que la calidad del río no se vea aún más comprometida que en el pasado.

5. OBJETIVOS:

Objetivo General

- Evaluar las descargas del Camal Municipal del cantón Latacunga y la capacidad de autodepuración del río Yanayacu.

Objetivos Específicos

- Establecer las condiciones hidrometeorológicas de la cuenca del río Yanayacu.
- Realizar un monitoreo de las descargas del Camal Municipal y puntos estratégicos del río Yanayacu.
- Determinar la capacidad de autodepuración del río Yanayacu en base al modelo matemático de Streeter y Phelps.

6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS:

Objetivo 1	Actividad	Resultado De La Actividad	Descripción de la actividad	
			Técnica	Instrumentos
Establecer las condiciones hidrometeorológicas	- Ubicar el área de estudio mediante una carta topográfica.	-Levantamiento de información hidrometeorológica	Técnica Documental	<ul style="list-style-type: none"> • Carta topográfica • Anuarios meteorológicos

de la cuenca del río Yanayacu.	<ul style="list-style-type: none"> - Obtener datos meteorológicos e hidrológicos a partir de los respectivos anuarios con un mínimo de 10 años. - Establecer la cuenca hidrográfica del río Yanayacu. -Determinar los tipos de textura y uso de suelo correspondientes al área de la cuenca del río. 	de la cuenca del río Yanayacu. -Determinación de la cuenca del río además, del tipo de textura y uso de Suelo correspondiente a esa zona.		<ul style="list-style-type: none"> • Anuarios hidrológicos • Programa Qgis
Objetivo 2	Actividad	Resultado de la actividad	Descripción de la actividad	
			Técnica	Instrumentos
Realizar un monitoreo de las descargas del Camal Municipal y puntos estratégicos del río Yanayacu.	<ul style="list-style-type: none"> -Visitas de campo. -Establecer puntos de muestreo en el río Yanayacu. -Toma de muestras de las descargas pertenecientes al camal. -Toma de muestras en puntos 	<ul style="list-style-type: none"> -Identificación de puntos estratégicos para el muestreo del río. - Resultados de los análisis físicos, químicos y microbiológicos de las muestras de agua pertenecientes al río 	<ul style="list-style-type: none"> Técnica Observación directa Técnica de Muestreo 	<ul style="list-style-type: none"> • Matriz de cumplimiento límites permisibles. • Libro de campo. • “Norma Técnica Ecuatoriana

	<p>estratégicos del río Yanayacu.</p> <p>-Análisis físicos, químicos y microbiológicos de las muestras.</p> <p>-Determinar la calidad de agua en base a la comparación con la normativa legal aplicable. Anexo 1 del Libro VI del TULSMA expedido por el Acuerdo Ministerial 097.</p>	<p>y a las descargas del camal municipal.</p> <p>-Agua perteneciente al río y a las descargas del camal dentro o fuera de los límites permisibles estipulados en la normativa.</p>	<p>Técnica</p> <p>Documental</p>	<p>NTE INEN 2169:98”.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua, expedido por el Acuerdo Ministerial 097.
Objetivo 3	Actividad	Resultado De La Actividad	Descripción de la actividad	
			Técnica	Instrumentos
<p>Determinar la capacidad de autodepuración del río Yanayacu en base al modelo matemático de Streeter y Phelps.</p>	<p>-Generar cuadros estadísticos de todos los parámetros evaluados en laboratorio.</p>	<p>- Estado de la capacidad autodepurativa del río Yanayacu en base a gráficos estadísticos de todos los parámetros</p>	<p>Técnica</p> <p>Documental</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de laboratorio. • Bibliografía sobre las ecuaciones a usarse.

	<p>-Establecer los niveles de oxígeno disuelto a partir de los análisis de laboratorio pertenecientes a las muestras del río Yanayacu.</p> <p>-Determinar la capacidad de autodepuración mediante la ecuación de Streeter y Phelps.</p> <p>-Evaluar la evolución de los niveles de oxígeno disuelto en el trayecto del río Yanayacu para determinar el grado de autodepuración.</p>	<p>evaluados en laboratorio y la evolución de oxígeno disuelto y la implementación del modelo matemático de Streeter y Phelps.</p>		
--	---	--	--	--

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

7.1. El ciclo hidrológico

Linsley, Kohler y Paulhus sostienen que el ciclo hidrológico o ciclo del agua es el proceso de circulación del agua entre los distintos compartimentos de la hidrósfera. Se trata de un ciclo biogeoquímico en el que hay una intervención de reacciones químicas, y el agua se traslada de unos lugares a otros o cambia de estado físico. (1967, p. 11)

Este comienza con la evaporación del agua en los océanos. El vapor resultante es transportado por las masas de aire en movimiento. En determinadas condiciones el vapor se condensa formando nubes que, a su vez, pueden ocasionar precipitaciones. La precipitación que cae sobre el terreno se dispersa de varios modos. La mayor parte es retenida temporalmente en el suelo, en las proximidades al lugar de caída, y finalmente, devuelta a la atmosfera por evaporación y transpiración de las plantas (Linsley et al., 1967).

Parte del agua se abre camino por la superficie hasta los cauces de los arroyos y ríos, mientras que otra parte penetra más en el terreno para formar parte de la reserva de aguas subterránea. Debido a la gravedad, tanto las aguas superficiales como las subterráneas descienden hacia las cotas más bajas y eventualmente pueden verterse al océano (Linsley et al., 1967).

7.2. Cuenca Hidrográfica

Es considerada como el espacio de terreno limitado por la parte más alta de las montañas, laderas y colinas, en el que se desarrolla un sistema de drenaje superficial, que concentra sus aguas en un río principal, que a posterior se integrará al mar, lago u otro río más grande este espacio puede delimitarse en una carta aritmética, siguiendo la divisoria de las aguas (Faustino & Jiménez, 2000, p. 4).

7.3. Balance Hidrológico

Según la Escuela de Hidrología de Madrid (1972) Toda unidad hidrogeológica, sea una cuenca superficial o una capa acuífera, recibe unas aportaciones de agua y descarga de volumen de agua, además de que contiene otra cantidad de agua variable. Estos tres elementos deben equilibrarse a

lo largo de una determinada unidad de tiempo. La expresión cuantitativa de este equilibrio constituye el balance hidrológico (p. 266).

“El balance hidrológico se refiere siempre a una unidad hidrogeológica y un intervalo de tiempo” (Escuela de Hidrología de Madrid, 1972, p. 266)

7.3.1. Precipitación

Según Linsley, Kohler y Paulhus (1967). La precipitación es cualquier producto de la condensación del vapor de agua atmosférico que se deposita en la superficie de la Tierra. Ocurre cuando la atmósfera (que es una gran solución gaseosa) se satura con el vapor de agua, y el agua se condensa y cae de la solución (es decir, precipita). (p. 37)

El aire se satura a través de dos procesos: por enfriamiento y añadiendo humedad. La precipitación que alcanza la superficie de la tierra puede producirse en muchas formas diferentes, como lluvia, lluvia congelada, llovizna, nieve, aguanieve y granizo. La virga es la precipitación que comienza a caer a la tierra pero que se evapora antes de alcanzar la superficie (Linsley et al., 1967).

En diferentes lugares una misma cantidad y velocidad de la precipitación producirán resultados bastante diferentes, dependiendo de la topografía, de la geología, de las superficies formadas por el hombre, de la estación del año y de las condiciones antecedentes. (Kazmann Raphael, 1975, p. 47)

7.3.2. Evaporación

La evaporación es el proceso por el cual las moléculas en estado líquido (por ejemplo, el agua) se hacen gaseosas espontáneamente (ej: vapor de agua). Es lo opuesto a la condensación. Generalmente, la evaporación puede verse por la desaparición gradual del líquido cuando se expone a un volumen significativo de gas (Linsley et al., 1967).

Por término medio, las moléculas no tienen bastante energía para escaparse del líquido, porque de lo contrario el líquido se convertiría en vapor rápidamente. Cuando las moléculas chocan, se transfieren la energía de una a otra en grados variantes según el modo en que chocan (Linsley et al., 1967).

Los líquidos que no parecen evaporarse visiblemente a una temperatura dada en un gas determinado (p.ej., el aceite de cocina a temperatura ambiente) poseen moléculas que no tienden a transferirse la energía de una a otra como para darle "la velocidad de escape" (la energía calórica) necesaria para convertirse en vapor. Sin embargo, estos líquidos se evaporan, pero el proceso es mucho más lento y considerablemente menos visible (Linsley et al., 1967).

La evaporación es una parte esencial del ciclo del agua. La energía solar provoca la evaporación del agua de los océanos, lagos, humedad del suelo y otras fuentes de agua. En hidrología, la evaporación y la transpiración (que implica la evaporación dentro del estoma de la planta) reciben el nombre conjunto de evapotranspiración (Linsley et al., 1967).

7.3.3. Escorrentía

La escorrentía superficial describe el flujo del agua, lluvia, nieve, u otras fuentes, sobre la tierra, y es un componente principal del ciclo del agua. A la escorrentía que ocurre en la superficie antes de alcanzar un canal se le llama fuente no puntual. Si una fuente no puntual contiene contaminantes artificiales, se le llama polución de fuente no puntual (Escuela de Hidrología de Madrid, 1972).

Al área de tierra que produce el drenaje de la escorrentía a un punto común se la conoce como línea divisoria de aguas. Cuando la escorrentía fluye a lo largo de la tierra, puede recoger contaminantes del suelo, como petróleo, pesticidas (en especial herbicidas e insecticidas), o fertilizantes (Escuela de Hidrología de Madrid, 1972).

7.3.4. Infiltración

La infiltración es el proceso por el cual el agua en la superficie de la tierra entra en el suelo. La tasa de infiltración, en la ciencia del suelo, es una medida de la tasa a la cual el suelo es capaz de absorber la precipitación o la irrigación (Escuela de Hidrología de Madrid, 1972).

Se mide en pulgadas por hora o milímetros por hora. Las disminuciones de tasa hacen que el suelo se sature. Si la tasa de precipitación excede la tasa de infiltración, se producirá escorrentía a menos que haya alguna barrera física. Está relacionada con la conductividad hidráulica saturada del suelo cercano a la superficie. La tasa de infiltración puede medirse usando un infiltrómetro (Escuela de Hidrología de Madrid, 1972).

7.3.5. Aportaciones

Es la suma de todos los volúmenes de agua que han pasado por la estación de aforo en el transcurso del hidrológicos, se calcula a partir de las aportaciones mensuales, transformando los caudales medios mensuales en volúmenes, de agua y realizando la suma de los doce meses (Escuela de Hidrología de Madrid, 1972).

7.4. Calidad de agua

La calidad de un ambiente acuático se puede definir como: una lista de concentraciones, especificaciones y aspectos físicos de sustancias orgánicas e inorgánicas, la composición y el estado de la biota acuática presente en el cuerpo de agua. La calidad presenta variaciones espaciales y temporales debido a factores internos y externos al cuerpo de agua (Ramírez Carlos, 2011, p. 100).

La contaminación de un ambiente acuático, significa la introducción por el hombre directa o indirectamente de sustancias o energía lo cual resulta en problemas como: daños a organismos vivos, efecto sobre la salud de los humanos, impedimento de actividades acuáticas como natación, buceo, canotaje, pesca, etc., e interferencia sobre actividades económicas como el riego, el abastecimiento de agua para la industria, etc.

La descripción de la calidad del agua puede realizarse básicamente de dos formas:

1. Midiendo variables físicas (turbiedad, sólidos totales, etc.), químicas (pH, acidez, etc.) o biológicos (bioensayos).
2. Utilizando un índice de calidad (Ramírez Carlos, 2011, p. 100).

7.4.1. Parámetros físicos, químicos y biológicos

Para saber que tan pura o que tan contaminada está el agua es necesario medir ciertos parámetros. Los parámetros de calidad del agua están clasificados en físicos, químicos y microbiológicos (Ramírez Carlos, 2011, p. 101).

7.4.1.1. Parámetros Físicos

“Son todas aquellas sustancias que tienen incidencia directa sobre las condiciones estéticas del agua” (Ramírez Carlos, 2011, p. 101).

- Turbiedad:

Se conoce como turbiedad a la capacidad que tiene el material suspendido en el agua para obstaculizar el paso de la luz. La turbiedad es producida por una variedad de causas. Entre ellas la erosión natural de las cuencas la cual aporta sedimentos al cauce de los ríos y la contaminación causada por la industria o por desechos domésticos (Ramírez Carlos, 2011, p. 101).

- Color:

Aunque está íntimamente ligado a la turbiedad, el color en el agua puede considerarse como una característica independiente. Mientras que la turbiedad se considera por partículas de gran tamaño (diámetros $> 10^3$ mm), el color se considera generado por sustancias disueltas y por los coloides (Ramírez Carlos, 2011, p. 103).

- Olor y sabor

Se mencionan en conjunto por estar íntimamente ligados. Los olores y sabores en el agua están asociados con la presencia de sustancias indeseables causando el rechazo del consumidor. Los olores y sabores objetables se pueden deber a la presencia del plancton, compuestos orgánicos generados por la actividad de las bacterias y algas, a los desechos industriales o a la descomposición de la materia orgánica (Ramírez Carlos, 2011, p. 103).

- Temperatura:

La temperatura es tal vez el parámetro físico más importante del agua. Además de afectar la viscosidad y la velocidad de las reacciones químicas, interviene en el diseño de la mayoría de los procesos de tratamiento de agua (coagulación, sedimentación, etc.) (Ramírez Carlos, 2011, p. 105).

- Sólidos suspendidos:

Se determinan restando los sólidos disueltos de los sólidos totales. Los sólidos suspendidos son, tal vez, el tipo de sólidos más importantes de determinar en los estudios de calidad del agua en nuestro

medio, principalmente por que se utilizan para el cobro de las tasas retributivas y el diseño de las plantas de tratamiento de aguas residuales (Ramírez Carlos, 2011, p. 105).

7.4.1.2. Parámetros Químicos

- pH:

El pH de un agua, que indica la reacción ácida y básica de la misma, es una propiedad de carácter químico de vital importancia para el desarrollo de la vida acuática (tiene influencia sobre determinados procesos químicos y biológicos), la naturaleza de las especies iónicas que se encuentran en su seno, el potencial redox del agua, el poder desinfectante del cloro, etc. (Ramírez Carlos, 2011, p. 110).

- Conductividad Eléctrica

La conductividad eléctrica es una medida de la resistencia que opone el agua (u otro cuerpo) al paso de la corriente eléctrica a su través. La conductividad del agua está relacionada con la concentración de los sales en disolución, cuya disociación genera iones capaces de transportar la energía eléctrica. Como la solubilidad de las sales en el agua depende de la temperatura, evidentemente la conductividad varía con la temperatura del agua (en general, aumenta conforme aumenta la temperatura del agua) (Ramírez Carlos, 2011, p. 112).

- Dureza:

La dureza representa una medida de la cantidad de metales alcalinotérreos en el agua, fundamentalmente Calcio (Ca) y Magnesio (Mg), provenientes de la disolución de rocas y minerales que será tanto mayor cuanto más elevada sea la acidez del agua. Es una medida, por tanto, del estado de mineralización del agua (Ramírez Carlos, 2011, p. 114).

- Oxígeno Disuelto

El Oxígeno Disuelto (OD) es la cantidad de oxígeno que está disuelta en el agua. Es un indicador de cómo de contaminada está el agua o de lo bien que puede dar soporte esta agua a la vida vegetal y animal. Generalmente, un nivel más alto de oxígeno disuelto indica agua de mejor calidad. Si los niveles de oxígeno disuelto son demasiado bajos, algunos peces y otros organismos no pueden sobrevivir (Ramírez Carlos, 2011, p. 115).

El oxígeno disuelto en el agua proviene del oxígeno en el aire que se ha disuelto en el agua, por lo que están muy influidos por las turbulencias del río (que aumentan el OD) o ríos sin velocidad (en los que baja el OD). Parte del oxígeno disuelto en el agua es el resultado de la fotosíntesis de las plantas acuáticas, por lo que ríos con muchas plantas en días de sol pueden presentar sobresaturación de OD. Otros factores como la salinidad, o la altitud (debido a que cambia la presión) también afectan los niveles de OD. (Ramírez Carlos, 2011, p. 115).

“Además, la cantidad de oxígeno que puede disolverse en el agua (OD) depende de la temperatura. El agua más fría puede contener más oxígeno en ella que el agua más caliente” (Ramírez Carlos, 2011, p. 115).

Los niveles de oxígeno disuelto típicamente pueden variar de 7 y 12 partes por millón (ppm o mg/l). A veces se expresan en términos de Porcentaje de Saturación. Los niveles bajos de OD pueden encontrarse en áreas donde el material orgánico (vertidos de depuradoras, granjas, plantas muertas y materia animal) está en descomposición. Las bacterias requieren oxígeno para descomponer desechos orgánicos y, por lo tanto, disminuyen el oxígeno del agua (Ramírez Carlos, 2011, p. 116).

Tabla 2: Rangos de concentración de oxígeno disuelto y consecuencias ecosistémicas frecuentes.

(OD) mg/L	Condición	Consecuencia
0	Anoxia	Muerte masiva de organismos aerobios.
0 – 5	Hipoxia	Desaparición de organismos y especies sensibles.
5 – 8	Aceptable	(OD) adecuada para la vida de la gran mayoría de especies de peces y otros organismos acuáticos.
8 – 12	Buena	
> 12	Sobresaturada	Sistemas en plena producción fotosintética.

Fuente: CEPIS, 1987

- **DBO:**

Mide la cantidad de oxígeno consumido en la eliminación de la materia orgánica del agua mediante procesos biológicos aerobios, se suele referir al consumo en 5 días (DBO_5), también suele emplearse, pero menos el (DBO_{21}) de 21 días. Se mide en ppm de O_2 que se consume (Ramírez Carlos, 2011, p. 118).

Las aguas subterráneas suelen contener menos de 1 ppm, un contenido superior es sinónimo de contaminación por infiltración freática. En las aguas superficiales es muy variable y dependerá de las fuentes contaminantes aguas arriba. En las aguas residuales domésticas se sitúa entre 100 y 350 ppm. En las aguas industriales puede alcanzar varios miles de ppm, como por ejemplo: fabricación de aceites, alcoholes, industria de la alimentación, etc. (Ramírez Carlos, 2011, p. 119).

- **DQO:**

Mide la capacidad de consumo de un oxidante químico, dicromato, permanganato, etc. Por el total de materias oxidables orgánicas e inorgánicas. Es de medición casi inmediata, la unidad de medida son ppm de O_2 (Ramírez Carlos, 2011, p. 120).

Las aguas no contaminadas tienen valores de DQO de 1 a 5 ppm. Las aguas residuales domésticas están entre 260 y 600 ppm (Ramírez Carlos, 2011, p. 121).

Hay un índice que nos indicará el tipo de vertido, aguas arriba que tenemos en el agua que estamos analizando y es la relación (DBO / DQO) si es menor de 0,2 el vertido será de tipo inorgánico y si es mayor de 0,6 se interpretará que aguas arriba tenemos un vertido orgánico (Ramírez Carlos, 2011, p. 121).

7.4.1.3. Parámetros Microbiológicos

Los microorganismos más importantes que podemos encontrar en las aguas son: bacterias, virus, hongos, protozoos y distintos tipos de algas (por ej. Las azul verdosas). La contaminación de tipo bacteriológico es debida fundamentalmente a los desechos humanos y animales, ya que los agentes patógenos –bacterias y virus- se encuentran en las heces, orina y sangre, y son de origen de muchas enfermedades y epidemias (fiebres tifoideas, disentería, cólera, polio, hepatitis infecciosa, etc.) (Ramírez Carlos, 2011, p. 123).

- **Coliformes Totales y Fecales:**

Las bacterias del género coliformes se encuentran principalmente en el intestino de los humanos y de los animales de sangre caliente, es decir, homeotermos, pero también ampliamente distribuidas en la naturaleza, especialmente en suelos, semillas y vegetales. Los coliformes se introducen en gran número al medio ambiente por las heces de humanos y animales. Por tal motivo suele deducirse que la mayoría de los coliformes que se encuentran en el ambiente son de origen fecal. Sin embargo, existen muchos coliformes de vida libre (Ramírez Carlos, 2011, p. 123).

Tradicionalmente se los ha considerado como indicadores de contaminación fecal en el control de calidad del agua destinada al consumo humano en razón de que, en los medios acuáticos, los coliformes son más resistentes que las bacterias patógenas intestinales y porque su origen es principalmente fecal (Ramírez Carlos, 2011, p. 123)..

Por tanto, su ausencia indica que el agua es bacteriológicamente segura. Asimismo, su número en el agua es proporcional al grado de contaminación fecal; mientras más coliformes se aíslan del agua, mayor es la gravedad de la descarga de heces (Ramírez Carlos, 2011, p. 123).

7.5. Aguas residuales

Las aguas residuales son aquellas que ya han sido usadas. En ellas se encuentran suspendidas ciertas sustancias procedentes del propio uso que se ha hecho del agua limpia. Entre estas sustancias podemos citar aceites, jabones, sustancias químicas, combustibles, restos de alimentos, etc. En los hogares estas sustancias proceden de fregaderos, bañeras, servicios, lavaplatos, máquinas de lavado, riegos (Romero Jairo, 2002, p. 20).

Las partículas contaminantes depositadas en la atmósfera, tales como el CO₂, también pueden dañar gravemente nuestros recursos hídricos al caer a la superficie terrestre a través de la lluvia. DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno, parámetro utilizado normalmente para conocer la cantidad de oxígeno molecular disuelto, requerido para que el proceso de tratamiento sea correcto). (Romero Jairo, 2002, p. 20)

El objetivo principal del tratamiento de las aguas residuales es eliminar la mayor cantidad posible de esos DBO antes de verter el agua residual, llamada efluente, al medio. Las plantas de tratamiento de aguas residuales pueden eliminar diversos niveles de sólidos suspendidos y DBO para mejorar

la calidad de esas aguas. El nivel de tratamiento elegido depende de la necesidad de obtener mayor o menor cantidad de agua purificada (Romero Jairo, 2002, p. 20).

Las aguas residuales se caracterizan por su composición física, química y biológica. Muchos de los parámetros característicos del agua residual guardan relación entre ellos. Una propiedad física como la temperatura puede afectar tanto la actividad biológica como a la cantidad de gases disueltos en el agua residual (Romero Jairo, 2002, p. 20).

“Para la caracterización del agua residual se emplean tanto métodos de análisis cuantitativos, para la determinación precisa de la composición química del agua, como análisis cualitativos para el conocimiento de las características físicas y biológicas” (Romero Jairo, 2002, p. 20).

Las características físicas más importantes del agua residual son el contenido total de sólidos, el olor, la temperatura, la densidad, el color y la turbiedad. Entre las principales características químicas se encuentran: la materia orgánica, la materia inorgánica y los gases disueltos.

Las características biológicas incluyen los principales grupos de microorganismos presentes en las aguas residuales tanto aquellas que intervienen en los tratamientos biológicos como los organismos patógenos (Romero Jairo, 2002, p. 20).

7.5.1. Tipos De Aguas Residuales

“Se han dado nombres descriptivos a los diferentes tipos de aguas residuales según su procedencia” (Orosco Álvaro, 2005, p. 30).

7.5.1.1. Aguas residuales domésticas

Son las que contienen desechos humanos, animales y caseros. También se incluye la infiltración de aguas subterráneas. Estas aguas son típicas de las zonas residenciales en las que no se efectúa operaciones industriales, o solo en muy corta escala (Orosco Álvaro, 2005, p. 30).

7.5.1.2. Aguas residuales sanitarias

“Son las mismas que las domésticas, pero que se incluyen no solo las aguas negras de uso doméstico sino que también gran parte de desechos industriales de la población” (Orosco Álvaro, 2005, p. 30).

7.5.1.3. Aguas residuales industriales

Se denomina así al conjunto de líquidos residuales provenientes de los diferentes procesos y usos industriales. Pueden colocarse o disponerse aisladamente o pueden agregarse y formar parte de las aguas sanitarias (Romero Jairo, 2002, p. 35).

7.5.1.4. Aguas residuales de camales

Los efluentes de los mataderos, contienen: sangre, estiércol, pelo, grasas, huesos, proteínas y otros contaminantes solubles. La composición de los efluentes dependerá del proceso de producción y de los pre-tratamientos en las descargas de cada proceso. (Cristes & McGraw, 2000, p. 89)

“En general los efluentes tienen altas concentraciones de compuestos orgánicos y nitrógeno; la relación promedio de DQO: DBO5: N es de 12:4:1” (Cristes & McGraw, 2000, p. 89).

Los residuos líquidos son generados en:

- a) Los corrales de reposo, por aguas de lavado, materia fecal y orina, del ganado.
- b) Área de desangrado.
- c) Operaciones de remoción de cueros, pelo y otras partes de comestibles.
- d) Procesamiento de la carne, vísceras e intestinos: estas aguas pueden contener sangre, grasas, fango, contenido intestinal, pedazos de carne, pelo y desinfectantes.
- e) La operación de trozado de la carne genera sólidos que caen al piso, que se adhieren a cuchillos y equipos, los que luego son eliminados en la operación de limpieza. (Cristes & McGraw, 2000, p. 90)

- **Componentes de las aguas residuales de un camal**

Los efluentes generados en el faenamiento vacuno son principalmente aguas de lavado, con contenidos de sangre y algunas partículas gruesas de cueros y huesos: en el caso de procesamiento de cerdos, son aguas calientes con gran cantidad de pelo (Cristes & McGraw, 2000, p. 90).

Se debe tener muy en cuenta el análisis de las siguientes sustancias: DBO5, PH, Sólidos suspendidos, Sólidos sedimentables, Aceites y grasas, Coliformes fecales de animales, Color, Otros (Cristes & McGraw, 2000, p. 90).

7.6. Contaminación de ríos

Es la acción o efecto de introducir en el agua, elementos, compuestos, materiales o formas de energía, que alteran la calidad de ésta para usos posteriores, que incluyen uso humano y su función ecológica. La contaminación del agua altera sus propiedades físico-químicas y biológicas de forma que puede producir daño directo o indirecto a los seres humanos y al medio ambiente. (Gil Rodríguez, 2013, p. 19).

Las aguas residuales, contaminadas son las perdieron su calidad como resultado de su uso en diversas actividades. Se trata de aguas con alto contenido de elementos contaminantes, que a su vez contaminan ríos, lagos, quebradas donde son evacuadas (Gil Rodríguez, 2013, p. 19).

7.6.1. Tipos De Contaminantes:

Actualmente, la contaminación de los cauces naturales tiene su origen en tres fuentes:

- Vertidos urbanos
- Vertidos industriales
- Contaminación difusa (lluvias, lixiviados, etc.) (Gil Rodríguez, 2013, p. 19).

7.6.2. Clasificación De Los Contaminantes:

Las sustancias contaminantes que pueden aparecer en un agua residual son muchas y diversas (Gil Rodríguez, 2013, p. 19).

7.6.2.1 Contaminantes Inorgánicos:

Son de origen mineral y de naturaleza variada: sales, óxidos, ácidos y bases inorgánicas, metales, etc. Aparecen en cualquier tipo de agua residual, aunque son más abundantes en los vertidos generados por la industrial. Los componentes inorgánicos de las aguas residuales estarán en función del material contaminante así como de la propia naturaleza de la fuente contaminante (Gil Rodríguez, 2013, p. 20).

7.6.2.2 Contaminantes Orgánicos:

Son compuestos cuya estructura química está compuesta fundamentalmente por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Son los contaminantes mayoritarios en vertidos urbanos y vertidos generados en la industria agroalimentaria (Gil Rodríguez, 2013, p. 20).

Los compuestos orgánicos que pueden aparecer en las aguas residuales son:

1. **Proteínas:** Proceden fundamentalmente de excretas humanas o de desechos de productos alimentarios. Son biodegradables, bastante inestables y responsables de malos olores.
2. **Carbohidratos:** Incluimos en este grupo azúcares, almidones y fibras celulósicas. Proceden, al igual que las proteínas, de excretas y desperdicios.
3. **Aceites y Grasas:** Altamente estables, inmiscibles con el agua, proceden de desperdicios alimentarios en su mayoría, a excepción de los aceites minerales que proceden de otras actividades.
4. **Otros:** Incluiremos varios tipos de compuestos, como los tensioactivos, fenoles, órgano clorados y organofosforados, etc. Su origen es muy variable y presentan elevada toxicidad.

7.7. Autodepuración de los ríos

Los ríos tienen una capacidad limitada de absorber y eliminar la contaminación de los vertidos que reciben; esto es debido a la utilización de la materia orgánica del vertido por las bacterias presentes en el río, de modo que en su actividad mineralizan la materia putrescible de los vertidos, y a su vez las bacterias son fagocitadas por los protozoos y éstos a su vez por organismos superiores. (Gil Rodríguez, 2005, p. 54)

En el momento en que la capacidad de un río para eliminar la carga contaminante vertida sobre él, es superada, el río comienza a presentar signos de contaminación, como son turbidez, malos olores, etc. (Gil Rodríguez, 2005, p. 54).

La capacidad de autodepuración de un río depende principalmente de los siguientes aspectos:

- “El caudal, que permitirá diluir el vertido y facilitar su posterior degradación al disminuir su toxicidad” (Ramalho R, 1993).

- “La turbulencia del agua, que aportará oxígeno al medio favoreciendo la actividad microbiana” (Ramalho R, 1993).
- “La naturaleza y tamaño del vertido” (Ramalho R, 1993).

En este sentido, la presencia en el agua de altas concentraciones de contaminantes, tanto biodegradables o no biodegradables, inhibe la actividad bacteriana responsable principal de la autodepuración y queda una zona contaminada que resultará difícil recuperar si no es de forma lenta y/o artificialmente. (Ramalho R, 1993)

Muchos plaguicidas, fertilizantes, metales pesados, etc., no desaparecen de los ambientes acuáticos sino que se acumulan en el sedimento de ríos, se incorporan a las plantas y posteriormente ingresan a las cadenas tróficas alterando el ecosistema circundante. (Ramalho R, 1993)

En el caso de vertidos de sustancias biodegradables a un río, siempre existirá cierto grado de autodepuración. Aun así, la regeneración total de un río dependerá de la cantidad de contaminantes, la naturaleza de los contaminantes, el vertido esporádico o permanente de efluentes líquidos, la temperatura, la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, y la capacidad de diluir los distintos contaminantes (Ramalho R, 1993).

En los mecanismos naturales de autodepuración de un río se distinguen cuatro zonas según su contaminación y fase de depuración:

7.7.1. Zonas de Depuración

7.7.1.1. Zona de degradación próxima al vertido

Desaparecen las formas de vida más delicadas (algunos peces, algas) y aparecen otras más resistentes. El aspecto del agua es sucio, disminuye el contenido en oxígeno y aumenta la DQO. Comienza la degradación por parte de la flora microbiana (Ramalho R, 1993).

7.7.1.2. Zona de descomposición activa

Aparecen aguas ennegrecidas, con espumas, y malolientes. Existe una descomposición anaerobia que provoca un desprendimiento de gases (Ramalho R, 1993).

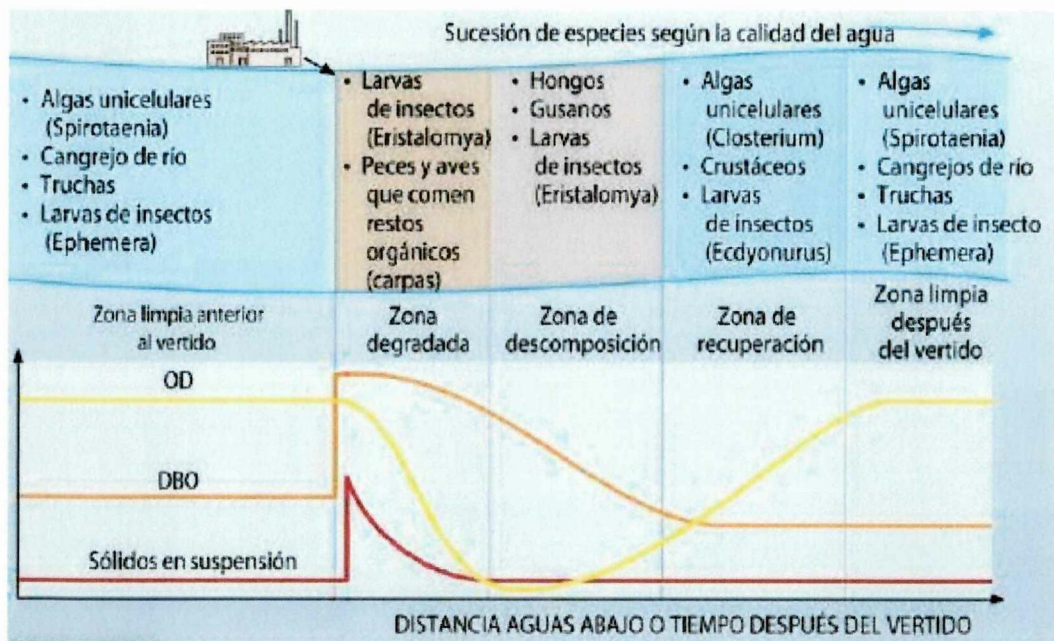
7.7.1.3. Zona es la de recuperación

Reaparecen los vegetales y el agua se clarifica. Todo ello debido a la presencia de oxígeno disuelto, que ayuda a degradar los compuestos contaminantes (Ramalho R, 1993).

7.7.1.4. Zona de aguas limpias

Donde se dan las características físico-químicas y la presencia de animales y vegetales acorde con la naturaleza del cauce (Ramalho R, 1993).

Figura 1: Esquema de la autodepuración de un río



Fuente: Ramalho R. (1993)

El índice general de contaminación que se utiliza para dar seguimiento al proceso de autodepuración de un río se determina en base a la concentración de oxígeno disuelto, que disminuirá de manera brusca en la descarga, para luego de alcanzar el nivel mínimo, gradualmente tender hacia la concentración que corresponde a la saturación (Gil Rodríguez, 2005, p. 55).

Manuel Gil R. (2005) sostiene que la evolución de la concentración de oxígeno disuelto, a partir del vertido de un contaminante, se logra al realizar un balance completo de la concentración de oxígeno disuelto. Streeter y Phelps simplificaron el balance a dos etapas: Desoxigenación y reoxigenación (p. 55).

- **Desoxigenación:**

Al entrar la materia orgánica en el río, comienza su biodegradación, donde las bacterias proliferan sobre el sustrato orgánico, utilizando para su metabolización, el oxígeno disuelto en el agua, dando como resultado una disminución de la concentración de oxígeno disuelto desde la saturación, déficit de oxígeno disuelto (Gil Rodríguez, 2005, p. 55).

- **Reoxigenación:**

El movimiento del agua en su discurrir provoca que el oxígeno del aire se disuelva en el agua, influyendo en esta transferencia gas – líquido las condiciones físicas del curso del agua y su propia concentración de oxígeno, de modo que la reoxigenación, disminuirá de déficit de oxígeno, es contraria al propio déficit de oxígeno. (Gil Rodríguez, 2005, p. 55).

7.8. Modelo de Streeter y Phelps

El Modelo de Streeter y Phelps, o también llamado Modelo de Disminución de Oxígeno, predice los cambios en el déficit de oxígeno como una función de la DBO ejercida y de la reaireación de la corriente (Gil Rodríguez, 2005, p. 55).

Cuando el agua que contiene materia orgánica biodegradable está expuesta al aire, absorbe oxígeno de la atmósfera para reemplazar el oxígeno disuelto que se consume en satisfacer la DBO. Los procesos de desoxigenación y reoxigenación ocurren simultáneamente. Si la velocidad de desoxigenación es más rápida que la velocidad de reoxigenación, se incrementa el déficit de oxígeno. Si el contenido de oxígeno es cero, no se pueden mantener condiciones aerobias y se presentarán condiciones sépticas, lo que se condice con el aumento de la velocidad de degradación de la materia orgánica (Gil Rodríguez, 2005, p. 55).

8. PREGUNTA CIENTÍFICA

¿El modelo matemático de Streeter y Phelps permitirá determinar la capacidad de autodepuración del río Yanayacu?

9. METODOLOGÍA

9.1. Visita de campo:

Para iniciar con la investigación, previamente se ejecutó una visita de campo. Con la finalidad de establecer los puntos muestreo, donde se realizó el monitoreo de agua, además de recorrer las instalaciones del Camal Municipal y observar el manejo que se da a las descargas generadas debido al proceso de faenamiento, mismo que consiste en tres sedimentadores y un serpentín natural.

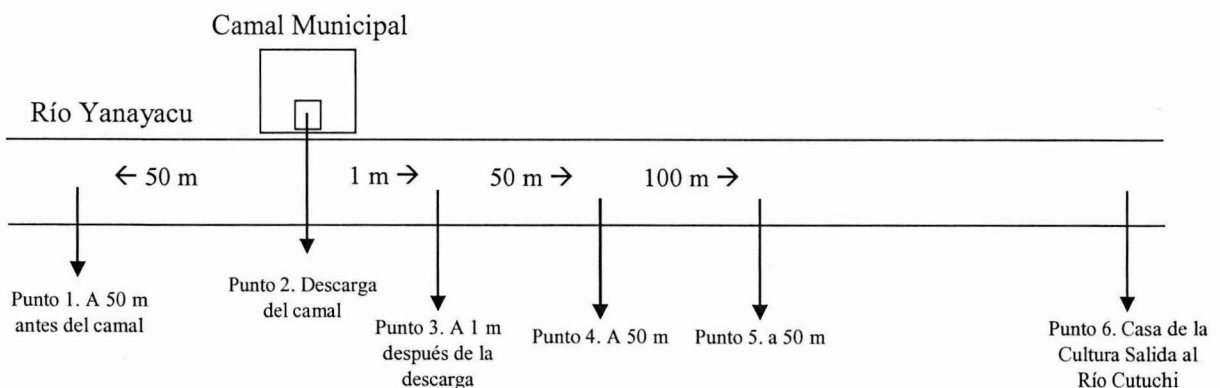
Tras la visita, se determinó seis puntos de muestreo a lo largo del cauce del río Yanayacu:

Tabla 3: Puntos de muestreo.

N° Punto	Codificación	Ubicación	Coordenadas	Elevación
1	Camal Municipal 01	50 metros aguas arriba de la descarga	17 N 767306 E – 9898279 N	2814 m
2	Camal Municipal 02	Descarga camal municipal	17 N 767208 E – 9898238 N	2799 m
3	Camal Municipal 03	1 metro aguas abajo de la descarga	17 N 767209 E – 9898239 N	2814 m
4	Camal Municipal 04	50 metros aguas abajo de la descarga	17 N 767209 E – 9898239 N	2809 m
5	Camal Municipal 05	100 metros aguas abajo de la descarga	17 N 767126 E – 9998130 N	2807 m
6	Camal Municipal 06	Descarga del río Yanayacu al Río Cutuchi	17 N 764955 E – 9896568 N	2763 m

Elaborado por: María José Paredes

Figura 2: Croquis de los puntos de muestreo.



Elaborado por: María José Paredes Alarcón

9.2. Descripción del área de estudio:

El estudio se realizó en la ciudad de Latacunga, específicamente en el cauce del río Yanayacu, 50 metros aguas arriba del Camal Municipal en las coordenadas: 767306 E y 9898279 N. Hasta la descarga al río Cutuchi en las coordenadas: 764955 E y 9896568 N.

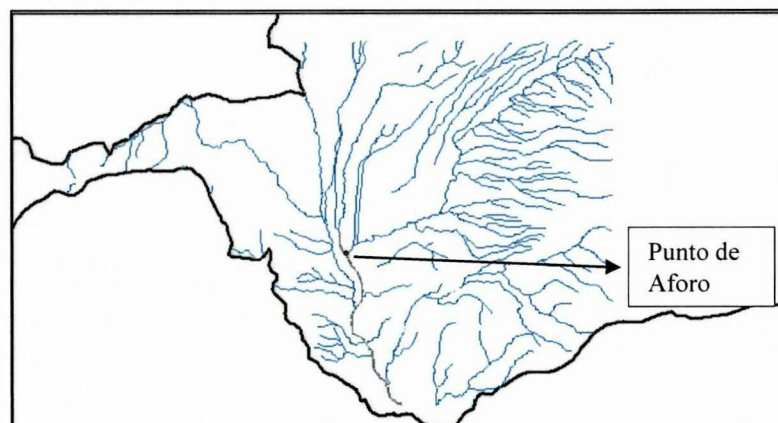
9.2.1. Delimitación de la cuenca hidrográfica

Para delimitar la cuenca hidrográfica del río, se adquirió una carta topográfica de la ciudad de Latacunga a escala 1:50000, en el Instituto Geofísico Militar donde es fácilmente visible el cuerpo de agua.

Además se trabajó con el programa Qgis, que es un Sistema de Información Geográfica (SIG) de Código Abierto licenciado bajo GNU - General Public License que soporta numerosos formatos y funcionalidades de datos vector, datos ráster y bases de datos (Sutton, 2012).

Se cortó al cantón Latacunga de la capa que contenía el mapa completo del Ecuador, con la finalidad de proporcionar un mejor enfoque de la cuenca. Conjuntamente se utilizó complementos digitales adquiridos con la carta topográfica, siendo estos, capas en formato SHP, que contenían información de cuerpos de agua, curvas de nivel, etc. Determinado el punto de desfogue o drenaje de la cuenca, se dibujó el perímetro de acuerdo a la línea divisoria de aguas. Por lo cual con la ayuda del programa se ubicó un punto de aforo en las coordenadas 764955 E y 9896568 N. Esto permitió que se establezca una base para la determinación de la cuenca.

Figura 3: Ubicación del punto de aforo



Elaborado por: María José Paredes Alarcón

Establecido el punto de aforo se usó la herramienta Hydrology de Spatial Analyst; para lo cual se contó con un modelo digital de elevación del área de estudio además de las curvas de nivel. A continuación se detallan los complementos informáticos que fueron utilizados para la respectiva determinación de la cuenca.

Fill Sinks: Con esta herramienta se rellenaron las imperfecciones existentes en la superficie del modelo digital de elevaciones, de tal forma que las celdas en depresión alcancen el nivel del terreno de alrededor, con el objetivo de poder determinar de forma adecuada la dirección del flujo.

Flow direction: Permitió definir la dirección del flujo, buscando el camino descendente de una celda a otra.

Flow accumulation. Creó el raster de acumulación de flujo en cada celda y determinó el número de celdas aguas arriba, que se vierten sobre las celdas aguas abajo de ellas.

Stream definition. Clasificó las celdas con acumulación de flujo superior a un umbral especificado como celdas pertenecientes a la red de flujo. El umbral debe ser especificado como el número de celdas vertientes a la que se está clasificando en cada momento.

Aquí se debe entrar a sopesar que valor sería el más indicado, ya que si el valor de acumulación es muy bajo muchos pixeles serán seleccionados como pertenecientes a la red hídrica, si por lo contrario, el valor del pixel es muy alto solo aquellos drenajes de orden alto serían definidos como red hídrica.

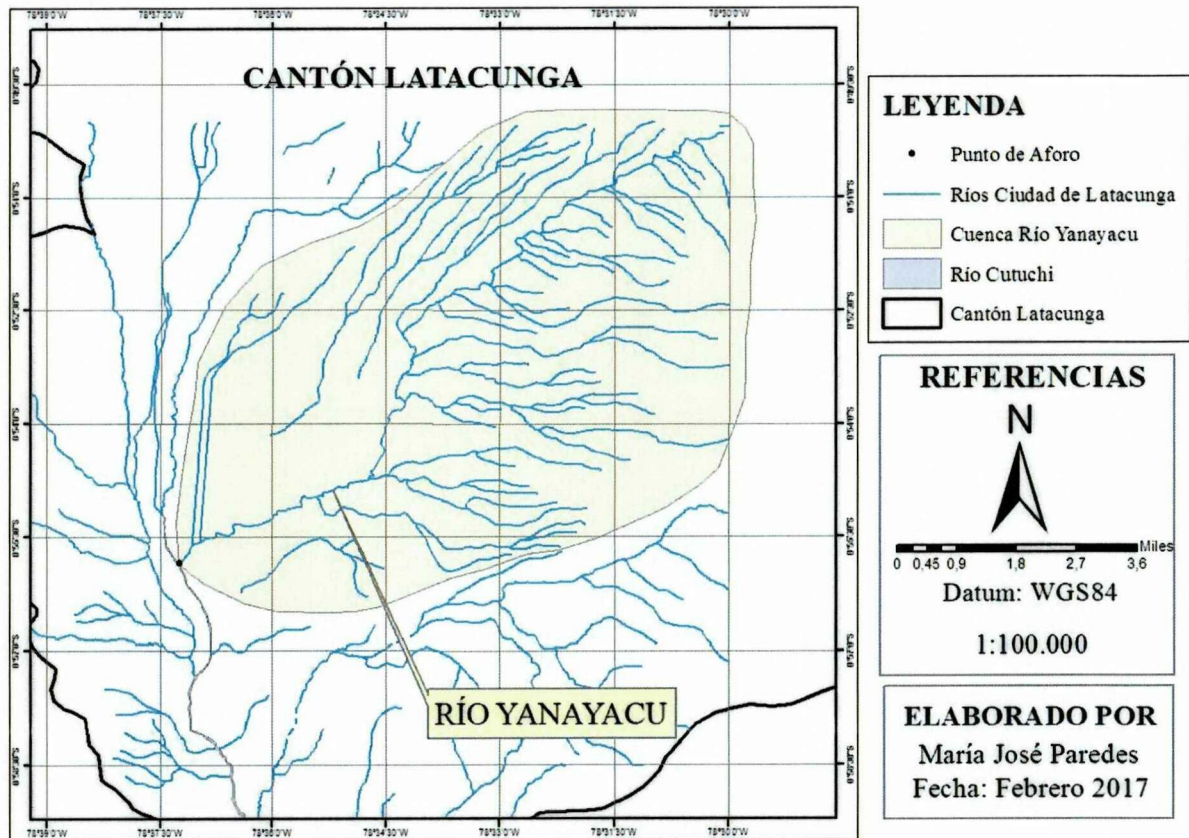
En otras palabras, seleccionar un valor bajo del umbral significa que obtendremos afluentes pequeños en nuestra red de drenajes, en cambio un valor alto, modela los drenajes de mayor tamaño.

Stream Link. Dividió el cauce en segmentos no interrumpidos. Es decir, que dichas secciones en las que se divide el recorrido del flujo fueron segmentos que conectan dos uniones sucesivas, una unión y un punto de desagüe o una unión y una división del área de drenaje.

Stream Feature. Creó el shape de drenaje.

Watershed Delineation. Delineó la cuenca.

Figura 4: Cuenca hidrográfica río Yanayacu



Elaborado por: María José Paredes Alarcón

9.3 Establecer las condiciones hidrometeorológicas.

9.3.1. Datos meteorológicos e hidrológicos

Se ubicó una estación agrometeorológica y una limnimétrica para obtener información referente a temperatura, precipitación, evaporación, heliofanía y caudal, estos datos están presentes en los anuarios pertenecientes al INAMHI. Para que la información sea consistente y real se deben tomar valores con un mínimo de 10 años. En este caso se realizó con la siguiente escala de tiempo.

Tabla 4: Escala de tiempo para datos hidrológicos.

TIPO	AÑOS	PERIODO
Caudal	24 años	1990 – 2013

Elaborado por: María José Paredes Alarcón

Tabla 5: Escala de tiempo para datos meteorológicos.

TIPO	AÑOS	PERIODO
Precipitación	39 años	1977 – 2015
Temperatura	23 años	1990 – 2012
Heliofanía	23 años	1990 – 2012
Evaporación	23 años	1990 – 2012

Elaborado por: María José Paredes Alarcón

En base a la ubicación del área de estudio se escogió la estación Limnimétrica H0792 Cutuchi AJ Yanayacu y la estación Agrometeorológica M0004 Rumipamba.

Tabla 6: Datos estación limnimétrica

Estación Limnimétrica Cutuchi AJ Yanayacu	
Código	H0792
Tipo	LM
Cuenca	260
Latitud	1°3'55" S
Longitud	78°36'13" W
Altitud	2582
Provincia	Cotopaxi
Instituto	INAMHI

Fuente: INAMHI

Tabla 7: Datos estación agrometeorológica.

Estación Agrometeorológica Rumipamba	
Código	MP0004
Tipo	AP
Zona Hidrológica	260

Latitud	1°1'12" S
Longitud	78°35'41" W
Altitud	2685 msnm
Provincia	Cotopaxi
Instituto	INAMHI

Fuente: INAMHI

Los datos fueron recopilados en una matriz automatizada para obtener los valores medios mensuales y anuales, la tabla se diseñó con el siguiente formato:

Tabla 8: Matriz para parámetros meteorológicos e hidrológicos

PARÁMETROS												
Años	Meses											TOTALES
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
TOTALES												

Elaborado por: María José Paredes Alarcón

9.3.2. Mapas de textura y uso de suelo

Se identificó los tipos de textura y uso de suelo, presentes en el área correspondiente a la cuenca hidrográfica. Estos mapas fueron obtenidos del Sistema Nacional de Información en la colección de Información Geográfica, se accedió a los archivos digitales en formato SHP, para trabajarlos con el programa Qgis mediante cortes de tipo CLIP y ubicar el mapa a nivel del área de la cuenca.

9.4. Calidad de agua

9.4.1. Monitoreo del río Yanayacu

El monitoreo del río se realizó en el tramo escogido que consiste en 50 metros aguas arriba del Camal Municipal en las coordenadas: 767306 E y 9898279 N. Hasta la descarga al río Cutuchi en las coordenadas: 764955 E y 9896568 N.

9.4.1.1. Muestreo

- Metodología del Muestreo

El muestreo se basó en los protocolos estipulados en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:98, con el apoyo de personal del Laboratorio Acreditado de Análisis Ambiental e Inspección CESTTA, de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

- Métodos de Muestreo:

Las muestras fueron obtenidas manualmente en un breve período de tiempo por lo que se las conoce como puntuales o individuales. Se usó este tipo de muestra debido a su flexibilidad tanto en duración como en espacio además de la existencia de varios equipos para muestreo manual que pueden adaptarse a las condiciones y necesidades. El equipo que se utilizó se encontró libre de materiales tales que afecten la composición del agua muestreada y cualquier residuo de muestreos anteriores.

1. Con los materiales e implementos listos el responsable se colocó en la parte central y realizó un triple lavado con el agua del río a muestrear.
2. Para la determinación de sólidos disueltos, a la muestra se la tomó por debajo de la superficie, a 30 cm de profundidad, y sin aireación, en posición contraria a la corriente (se usó el antebrazo como referencia).
3. Se esperó que el recipiente se llene completamente y será tapado dentro del agua.
4. La muestra en el recipiente se trató según las exigencias del laboratorio donde se realizó el estudio.

5. La muestra fue enviada al laboratorio correctamente etiqueta. Para los respectivos análisis de laboratorio.

- **Materiales**

Los materiales y equipos necesarios para llevar a cabo la investigación y obtener resultados fueron los siguientes:

Herramientas:

- Epp
- Libreta de campo
- Recipientes de Vidrio oscuro 500 ml
- Recipientes de polietileno 500 ml
- Recipientes de plástico 100 ml

Equipos:

- Cámara fotográfica
- G.P.S.
- Termómetro
- Peachímetro

- **Elección del Recipiente**

El frasco para muestra puede ser de vidrio o plástico, generalmente polietileno y deberá poderse sellar fuertemente con un corcho o una tapa. Es fácil limpiar el vidrio, verificar sus condiciones y esterilizarlo por calor, pero el polietileno está menos expuesto a roturas o a malograrse por congelamiento. Hay tres consideraciones químicas que deben tenerse en cuenta al escoger los recipientes de muestreo.

1. Transferencia desde el recipiente a la muestra, por ejemplo materiales orgánicos provenientes del plástico o sodio, sílice o boro provenientes del vidrio.

2. Transferencia desde el agua al recipiente por ejemplo porción de trazas de metales por el vidrio o sustancias orgánicas por el plástico.
3. Recolección directa con el recipiente.
4. Cuantas más pequeñas sean las concentraciones más importantes son estos aspectos, en general se hacen más significativos para concentraciones menores de 1 mg/l.

- **Llenado del Recipiente**

En muestras que se utilizaron para la determinación de parámetros físicos y químicos, se llenaron los frascos completamente, se los tapo dentro del agua de forma que no exista aire sobre la muestra. Esto limita la intención de la fase gaseosa y a agitación durante el transporte (Así se evita a modificación de contenido de dióxido de carbono, la variación en el pH, el oxígeno disuelto etc.) En las muestras para en el análisis microbiológico, los recipientes no se llenaron completamente de modo que se dejó un espacio de aire después de colocar la tapa.

- **Identificación de las muestras**

Los recipientes con las muestras se etiquetaron de una manera clara y permanente, de tal manera que el laboratorio permita la identificación sin error. Se etiquetaron en el momento del muestreo, todos los detalles que ayuden a una correcta interpretación de los resultados (fecha y hora del muestreo, nombre de la persona que muestreó, naturaleza y cantidad de los preservantes adicionales, tipo de análisis a realizarse, etc.)

9.4.1.2. Parámetros a evaluarse

Para determinar la calidad de agua se enviaron las muestras, al Laboratorio Acreditado de Análisis Ambiental e Inspección CESTTA, de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Donde se realizaron los análisis físicos, químicos y microbiológicos, para la posterior comparación con la normativa legal aplicable siendo esta el Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua, expedido por el Acuerdo Ministerial 097 determinando el nivel de cumplimiento de los parámetros establecidos en la Tabla 1 Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo

humano y doméstico, Tabla 3 Criterios de calidad de aguas para riego agrícola y Tabla 9 límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Los parámetros evaluados en el análisis fueron:

Tabla 9: Resultados de los análisis.

MUESTRA DE AGUA				
Parámetro	Análisis de Laboratorio	Normativa (TULSMA) Límite máximo permitido	Cumplimiento	
			Sí	No
Temperatura				
Grasas y Aceites				
Turbidez				
Dureza				
Sólidos Suspendidos				
Sólidos Sedimentables				
Color				
Fosforo Total				
Nitrógeno				
Tensoactivos				
Conductividad Eléctrica				
Oxígeno Disuelto				
pH				
DQO				
DBO ₅				
Coliformes Totales				
Coliformes Fecales				

Elaborado por: María José Paredes Alarcón

9.5. Proceso de autodepuración

En el estudio se determinó la capacidad autodepurativa del río Yanayacu, en base al comportamiento de los parámetros evaluados mediante la elaboración de cuadros estadísticos y a la evolución de la concentración de oxígeno disuelto en el tramo hídrico establecido.

9.5.1. Modelo de Streeter y Phelps

El Modelo de Streeter y Phelps, o también llamado Modelo de Disminución de Oxígeno, predice los cambios en el déficit de oxígeno como una función de la DBO ejercida y de la reaeración de la corriente (Gil Rodríguez, 2005, p. 55).

Cuando el agua que contiene materia orgánica biodegradable está expuesta al aire, absorbe oxígeno de la atmósfera para reemplazar el oxígeno disuelto que se consume en satisfacer la DBO. Los procesos de desoxigenación y reoxigenación ocurren simultáneamente. Si la velocidad de desoxigenación es más rápida que la velocidad de reoxigenación, se incrementa el déficit de oxígeno. Si el contenido de oxígeno es cero, no se pueden mantener condiciones aerobias y se presentarán condiciones sépticas, lo que se condice con el aumento de la velocidad de degradación de la materia orgánica (Gil Rodríguez, 2005, p. 55).

Manuel Gil R. (2005) sostiene que la evolución de la concentración de oxígeno disuelto, a partir del vertido de un contaminante, se logra al realizar un balance completo de la concentración de oxígeno disuelto. Streeter y Phelps simplificaron el balance a dos etapas: Desoxigenación y reoxigenación (p. 55).

9.5.1.1. Concentración de saturación.

Para realizar la modelación del consumo de oxígeno y su comportamiento a lo largo del río, se determinó previamente la concentración de saturación del oxígeno disuelto en el agua del tramo hídrico escogido. Esta denominación corresponde al indicador presentado por Hernández (2001) definiéndolo como la mayor cantidad de oxígeno disuelto que puede diluirse en un agua incluyendo procesos de agitación y reaeración. Romero (2010) lo denomina concentración de saturación de oxígeno disuelto, la cual depende de la temperatura, la presión atmosférica y la salinidad.

El oxígeno disuelto de saturación en agua con condiciones estándar de presión (1 atm-760 mmHg), se calcula con la ecuación de la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE), ignorando el efecto de la salinidad.

$$OD_{S,1atm} = 14,652 - (0,41 \times T) + (0,008 \times T^2) - (0,000078 \times T^3)$$

Donde:

$OD_{S.1atm}$ = Oxígeno Disuelto de saturación (a 1 Atm)

T = Temperatura (en °C)

$$P = 760 e^{-E/8,005}$$

Donde:

P = Presión en mmHg

E = Elevación en msnm

El valor de saturación de oxígeno disuelto corregido será:

$$OD_{SC} = OD_S^{P/760}$$

Donde:

OD_{SC} = Oxígeno disuelto de saturación corregido, mg/l

OD_S = Oxígeno disuelto de saturación, mg/l

P = Presión en mmHg

9.5.1.1. Desoxigenación:

Al entrar la materia orgánica en el río, comienza su biodegradación, donde las bacterias proliferan sobre el sustrato orgánico, utilizando para su metabolismo, el oxígeno disuelto en el agua, dando como resultado una disminución de la concentración de este parámetro desde la saturación, al déficit de oxígeno disuelto (Gil Rodríguez, 2005, p. 55).

$$D = O_s - O$$

Donde:

D: Déficit de concentración de oxígeno disuelto.

O_s: Concentración de oxígeno disuelto a saturación.

O: Concentración del oxígeno disuelto en el agua

La constante de desoxigenación (K_1) se puede calcular mediante la ecuación:

$$K_1 = V \frac{\frac{Q_1 L_1}{Q_2 L_2}}{X_2 - X_1}$$

Donde:

K_1 = Constante de desoxigenación, d^{-1}

V = Velocidad media del río, m/s

Q_1 = Caudal aguas arriba, m^3/s

Q_2 = Caudal aguas abajo, m^3/s

L_1 = Concentración de DBO aguas arriba, mg/l

L_2 = Concentración de DBO aguas abajo, mg/l

X_1 = Distancia aguas abajo, m

X_2 = Distancia aguas arriba, m

La constante de desoxigenación indica el comportamiento de la DBO en el tiempo. Varios factores influyen en su valor, como la temperatura, la concentración de OD y la materia orgánica presente.

9.5.1.2. Reoxigenación:

Se define como constante de reaireación (k_a) a una constante cinética de primer orden que describe la transferencia de oxígeno desde el aire hacia el cuerpo hídrico y mide la velocidad a la que el Oxígeno presente en la atmósfera es transferido a los cuerpos de agua. Se obtiene esta constante a partir de varios modelos a 20° C. (Chin, 2013)

El movimiento del agua en su discurrir provoca que el oxígeno del aire se disuelva en el agua, influyendo en esta transferencia gas – líquido las condiciones físicas del curso del agua y su propia concentración de oxígeno. (Gil Rodríguez, 2005, p. 55).

$$K_2 = 3,93 \frac{U^{0,5}}{H^{1,5}}$$

Donde:

K_2 = Constante de reaireación, d^{-1}

U = Velocidad de la corriente, m/s

H = Profundidad de la corriente, m

- **Ecuación De Streeter y Phelps**

$$D = \frac{K_1 L_0}{K_2 - K_1} [e^{-K_1 t} - e^{-K_2 t}] + D_0 e^{-K_2 t}$$

Donde:

D = déficit de OD para el tiempo t , mg/L

L_0 = DBO_{UC} inicial, $t = 0$, mg/L

L = DBO_{UC} remanente, $t = t$, mg/L

T = tiempo de flujo,

K_1 = Constante de desoxigenación, base e, d^{-1}

K_2 = constante de reaireación, base e, d^{-1}

D_0 = déficit inicial de OD, mg/L

La aplicación del modelo requiere, entre otros datos, los siguientes:

- Datos de DBO
- Datos de OD
- Datos de la temperatura del agua
- Tasa de re-aireación
- Velocidades de flujo

- Tasa de desoxigenación

Concentración de oxígeno modelado

$$C = OD_s - D$$

Donde:

ODs= Oxígeno disuelto de saturación corregido

D= Déficit Modelado

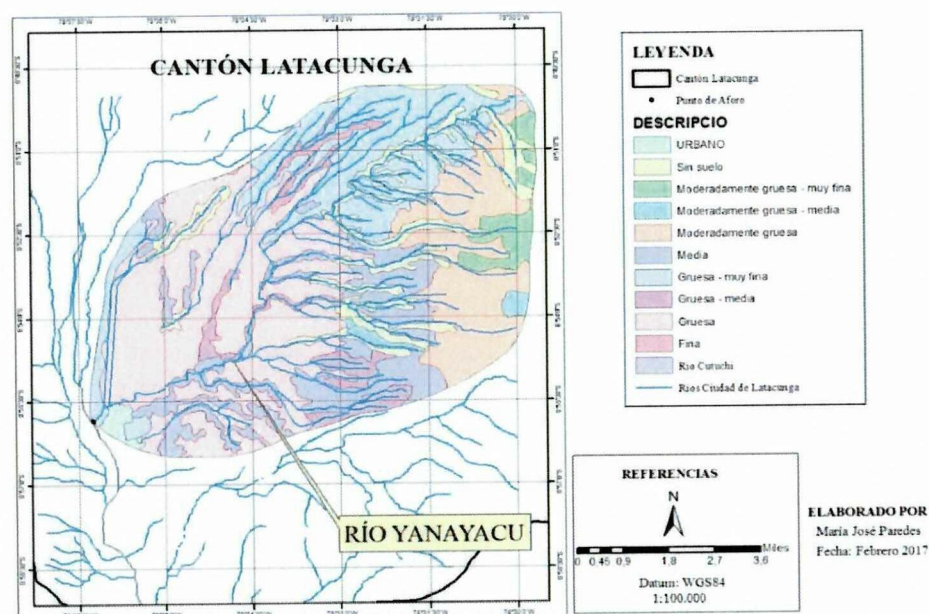
10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

10.1. Condiciones hidrometeorológicas del río Yanayacu

10.1.1. Tipos de textura en la cuenca del río Yanayacu:

Una vez realizado el corte de la capa de textura del país y establecerla a nivel del área de la cuenca hidrográfica del río Yanayacu (Figura 5), se obtuvo como resultado los siguientes tipos en porcentaje y superficie:

Figura 5: Tipos de textura en la cuenca hidrográfica río Yanayacu.



Elaborado por: María José Paredes Alarcón

Tabla 10: Tipos de textura en la cuenca hidrográfica río Yanayacu.

DESCRIPCIÓN	SUPERFICIE (m ²)	PORCENTAJE
Fina	2'762.801,56	2,12
Gruesa	44'703.691,92	34,38
Gruesa – media	4'300.000,00	3,31
Gruesa - muy fina	22'333.446,57	17,18
Media	17'929.004,22	13,79
Moderadamente gruesa	18'095.417,70	13,92
Moderadamente gruesa – media	1'319.879,75	1,02
Moderadamente gruesa - muy fina	3'800.000,00	2,92
Sin suelo	13'789.005,37	10,60
URBANO	1'000.000,00	0,77
	13'0033.247,09	100

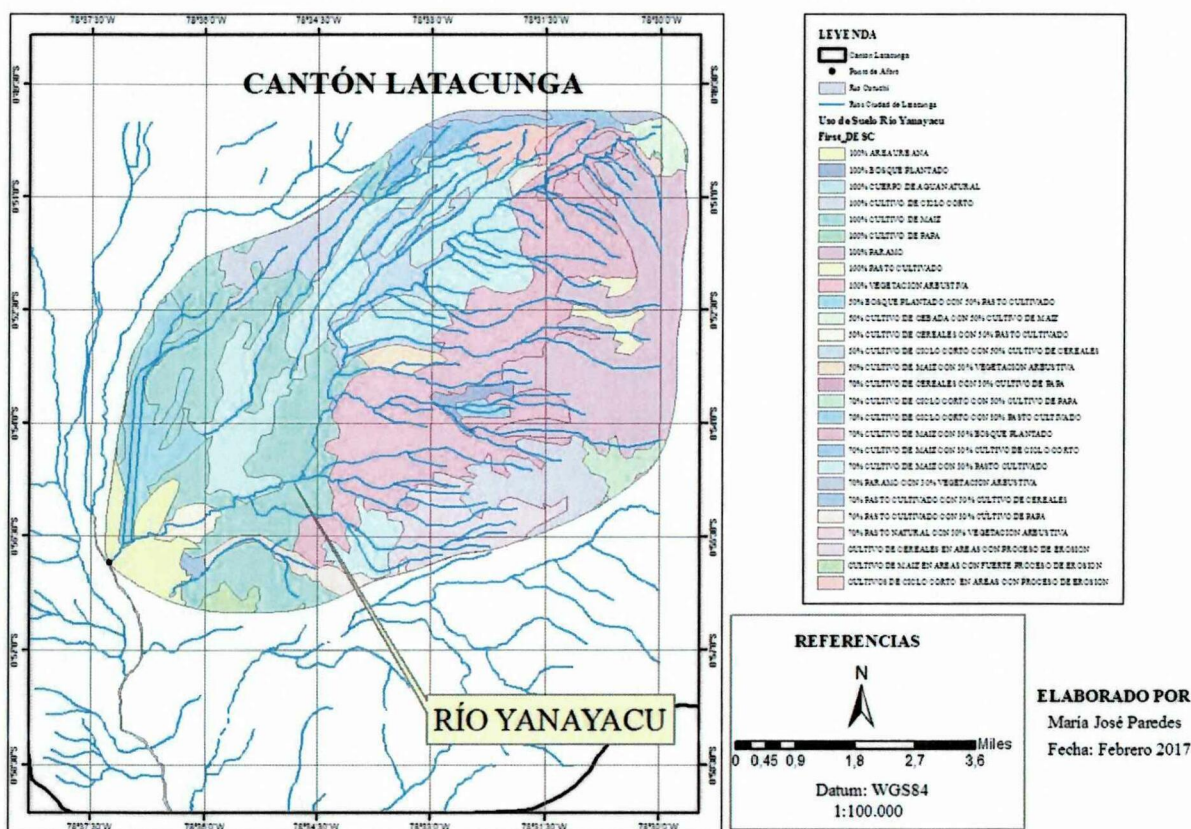
Elaborado por: María José Paredes Alarcón

En la tabla N° 8, en donde se determina los tipos de textura en la cuenca hidrográfica del río Yanayacu, se evidencia que: la textura predominante es gruesa, con una superficie de 44'703.691,92 m² y un porcentaje del 34,38%; contrario a esto la textura con menor presencia es urbana, dado a que presenta una superficie de 1'000.000,00 m² correspondiente al 0,77%.

10.1.2. Tipo de uso de suelo en la cuenca del río Yanayacu:

Realizado el corte de la capa de uso de suelo del país (Figura 6), se obtuvo como resultado los siguientes tipos, en porcentaje y superficie:

Figura 6: Tipo de uso de suelo en la cuenca hidrográfica río Yanayacu.



Elaborado por: María José Paredes Alarcón

Tabla 11: Tipos de uso de suelo en la cuenca hidrográfica río Yanayacu.

DESCRIPCIÓN	SUPERFICIE (m ²)	PORCENTAJE
100% Área Urbana	3'700.000	2,86
100% Bosque Plantado	763.669,59	0,59
100% Cuerpo De Agua Natural	13.144,01	0,01
100% Cultivo De Ciclo Corto	8'500.000	6,57
100% Cultivo De Maíz	22'461.844,39	17,36
100% Cultivo De Papa	40.054,82	0,03
100% Paramo	17'000.000	13,14
100% Pasto Cultivado	1'150.960,13	0,89
100% Vegetación Arbustiva	2'000.000	1,55
50% Bosque Plantado Con 50% Pasto Cultivado	5'000.000	3,86
50% Cultivo De Cebada Con 50% Cultivo De Maíz	1'300.000	1,00
50% Cultivo De Cereales Con 50% Pasto Cultivado	1'062.565,99	0,82
50% Cultivo De Ciclo Corto Con 50% Cultivo De Cereales	4'200.000	3,25

50% Cultivo De Maíz Con 50% Vegetación Arbustiva	974.298,79	0,75
70% Cultivo De Cereales Con 30% Cultivo De Papa	27.851,86	0,02
70% Cultivo De Ciclo Corto Con 30% Cultivo De Papa	1'400.000	1,08
70% Cultivo De Ciclo Corto Con 30% Pasto Cultivado	470.869,52	0,36
70% Cultivo De Maíz Con 30% Bosque Plantado	24'000.000	18,55
70% Cultivo De Maíz Con 30% Cultivo De Ciclo Corto	2'600.000	2,01
70% Cultivo De Maíz Con 30% Pasto Cultivado	22'000.000	17,00
70% Paramo Con 30% Vegetación Arbustiva	905.885,68	0,70
70% Pasto Cultivado Con 30% Cultivo De Cereales	276.634,56	0,21
70% Pasto Cultivado Con 30% Cultivo De Papa	1'732.318,58	1,34
70% Pasto Natural Con 30% Vegetación Arbustiva	367.648,05	0,28
Cultivo De Cereales En Áreas Con Proceso De Erosión	5'100.000	3,94
Cultivo De Maíz En Áreas Con Fuerte Proceso De Erosión	729.071,11	0,56
Cultivos De Ciclo Corto En Áreas Con Proceso De Erosión	1'600.000	1,24
	129'376.817,08	100

Elaborado por: María José Paredes Alarcón

En la tabla N° 9, en donde se determina los tipos de uso de suelo en la cuenca hidrográfica del río Yanayacu, se evidencia que: el uso de suelo predominante es 70% cultivo de maíz con 30% bosque plantado, con una superficie de 24'000.000 m² y un porcentaje del 18,55%; Contrario a esto, el tipo con menor presencia es 100% cuerpo de agua natural, con una superficie de 13.144,01 m² correspondiente al 0,01%.

10.1.3. Datos hidrológicos

10.1.3.1. Caudal

Recopilados los datos de la estación limnimétrica H0792 Cutuchi AJ Yanayacu, de 24 años en el pasado (1990 – 2013), sobre el caudal en m³/seg (Anexo), se obtuvo el resultado medio anual y los medios mensuales correspondientes.

Tabla 12: Caudales medios anuales 1990-2013.

AÑO	CAUDAL (m ³ /seg)	
	Suma	Media
1990	57,496	4,791
1991	72,011	6,001
1992	59,103	4,925
1993	99,952	8,329
1994	109,072	9,089
1995	61,082	5,090
1996	100,617	8,385
1997	80,895	6,741
1998	127,142	10,595
1999	192,607	16,051
2000	212,448	17,704
2001	86,267	7,189
2002	105,996	8,833
2003	87,049	7,254
2004	89,434	7,453
2005	90,001	7,500
2006	125,029	10,419
2007	102,818	8,568
2008	197,852	16,488
2009	121,702	10,142
2010	114,283	9,524
2011	184,231	15,353
2012	171,313	14,276
2013	136,007	11,334

Elaborado por: María José Paredes Alarcón

En la tabla N° 10, los valores obtenidos muestran que el caudal medio anual es de 9,668 m³/seg, Teniendo al año 2000 con 212,448 m³/seg y un promedio de 17,704 m³/seg como el mayor caudal registrado, y al año 1990 con 57,496 m³/seg y un promedio 4,791 m³/seg como el menor.

Tabla 13: Caudales medios mensuales 1990-2013.

MES	CAUDAL (m ³ /seg)	
	Suma	Media
Enero	190,796	7,950
Febrero	247,717	10,322
Marzo	297,775	12,407
Abril	377,579	15,732
Mayo	321,546	13,398
Junio	262,596	10,942
Julio	182,350	7,598
Agosto	138,058	5,752
Septiembre	133,726	5,572
Octubre	176,899	7,371
Noviembre	227,139	9,464
Diciembre	228,225	9,509

Elaborado por: María José Paredes Alarcón

En la tabla N° 11, se determina que el mes con más afluencia de caudal es abril, con 377,579 m³/seg y una media de 15,732 m³/seg. En contraposición, el mes de septiembre registra el menor nivel de caudal con 133,726 y 5,572 m³/seg como media.

10.1.4. Datos meteorológicos

10.1.4.1. Precipitación

Recopilados los datos, registrados por la estación Agrometeorológica M0004 Rumipanba de 39 años en el pasado (1977 – 2015) correspondientes a la precipitación en milímetros (mm) (Anexo), se determinó el resultado medio anual y los medios mensuales respectivos.

Tabla 14: Precipitación media anual 1977-2015.

AÑO	CAUDAL (m ³ /seg)	
	Suma	Media
1977	542,8	45,2
1978	403,8	33,7
1979	464,3	38,7
1980	572,7	47,7
1981	363,9	30,3
1982	692,0	57,7
1983	510,7	42,6
1984	686,7	57,2
1985	498,8	41,6
1986	511,6	42,6
1987	478,0	39,8
1988	646,6	53,9
1989	583,7	48,6
1990	499,3	41,6
1991	485,0	40,4
1992	467,2	38,9
1993	643,8	53,7
1994	510,7	42,6
1995	445,2	37,1
1996	591,8	49,3
1997	499,4	41,6
1998	560,8	46,7
1999	720,9	60,1
2000	739,0	61,6
2001	383,2	31,9
2002	529,7	44,1
2003	442,0	36,8
2004	435,6	36,3
2005	515,8	43,0

2006	659,4	55,0
2007	506,3	42,2
2008	864,3	72,0
2009	482,5	40,2
2010	593,9	49,5
2011	719,2	59,9
2012	497,1	41,4
2013	392,6	32,7
2014	605,9	50,5
2015	446,4	37,2

Elaborado por: María José Paredes Alarcón

En la tabla N° 8 se identifica que la precipitación media anual es de 45,3 mm, Teniendo al año 2008 con 864,3 mm y un promedio de 72,0 mm como el año más lluvioso registrado, y al año 1981 con 363,9 mm y un promedio 30,3 mm como el año donde se presenta una precipitación menor.

Tabla 15: Precipitación media mensual 1977-2015.

MES	PRECIPITACIÓN (mm)	
	Suma	Media
Enero	1835,7	47,1
Febrero	2107,5	54,0
Marzo	2383,5	61,1
Abril	2709,3	69,5
Mayo	2054,2	52,7
Junio	1067,6	27,4
Julio	688,1	17,6
Agosto	636,8	16,3
Septiembre	1252,2	32,1
Octubre	1879,3	48,2
Noviembre	2394,3	61,4
Diciembre	2184,1	56,0

Elaborado por: María José Paredes Alarcón

En la tabla N° 13, queda en evidencia que el mes que presenta mayor nivel de precipitación es abril, con 2709,3 mm y una media de 69,5 mm, además presenta al mes de septiembre como el menos lluvioso con 636,8 mm y 16,3 mm como media.

10.1.4.2. Temperatura

Recopilados los datos registrados en la estación Agrometeorológica M0004 Rumipanba de 23 años en el pasado (1990 – 2012), correspondientes a la temperatura en °C (Anexo), se determinó el resultado medio anual y los medios mensuales respectivos.

Tabla 16: Temperatura media anual 1990-2012.

AÑO	TEMPERATURA (°C)	
	Suma	Media
1990	169,7	14,1
1991	170,0	14,2
1992	169,4	14,1
1993	170,2	14,2
1994	169,0	14,1
1995	173,6	14,5
1996	168,4	14,0
1997	172,4	14,4
1998	176,0	14,7
1999	165,9	13,8
2000	163,4	13,6
2001	168,1	14,0
2002	169,9	14,2
2003	172,5	14,4
2004	170,8	14,2
2005	171,8	14,3
2006	168,2	14,0
2007	166,2	13,9
2008	164,4	13,7
2009	172,6	14,4
2010	171,6	14,3
2011	168,0	14,0
2012	165,3	13,8

Elaborado por: María José Paredes Alarcón

La tabla N° 13, establece una temperatura media anual de 14,1 °C, teniendo al año 1998 como el más cálido con un registro de 14,7 °C, y al año 2000 como el más frío con 13,6 °C.

Tabla 17: Temperatura media mensual 1990-2012.

MES	TEMPERATURA (°C)	
	Suma	Media
Enero	334,7	14,6
Febrero	333,4	14,5
Marzo	334,8	14,6
Abril	332,9	14,5
Mayo	327,2	14,2
Junio	311,2	13,5
Julio	299,2	13,0
Agosto	298,0	13,0
Septiembre	312,9	13,6
Octubre	334,8	14,6
Noviembre	340,8	14,8
Diciembre	337,5	14,7

Elaborado por: María José Paredes Alarcón

La tabla N° 15, identifica que el mes más cálido es noviembre con 14,8 °C. Al contrario de los meses de julio y agosto, como los más fríos con 13,0 °C.

10.1.4.3. Heliofanía

El análisis de los datos registrados en la estación Agrometeorológica M0004 Rumipanba de 23 años en el pasado (1990 – 2012) correspondientes a la heliofanía en horas (Anexo), determinó el resultado medio anual y los medios mensuales respectivos.

Tabla 18: Heliofanía media anual 1990-2012.

AÑO	HELIOFANÍA (HORAS)	
	Suma	Media
1990	1963,8	163,7
1991	1933,6	161,1
1992	1920,4	160,0
1993	1863,9	155,3
1994	1792,0	149,3
1995	1993,5	166,1
1996	1861,4	155,1
1997	1792,8	149,4
1998	1850,9	154,2
1999	1635,2	136,3
2000	1772,4	147,7
2001	1815,0	151,3
2002	1733,3	144,4
2003	1679,7	140,0
2004	1899,2	158,3
2005	1762,9	146,9
2006	1809,3	150,8
2007	1686,2	140,5
2008	1689,9	140,8
2009	1886,6	157,2
2010	1733,0	144,4
2011	1718,0	143,2
2012	1703,3	141,9

Elaborado por: María José Paredes Alarcón

En la tabla N° 16, se establece que la heliofanía media anual es de 150,3 horas, siendo el año 1995 el que registra una mayor cantidad de horas con 166,1 al contrario del año 2003 que presenta una menor cantidad con 140 horas.

Tabla 19: Heliofanía media mensual 1990-2012.

MES	HELIOFANÍA (°C)	
	Suma	Media
Enero	3859,4	167,8
Febrero	3112,4	135,3
Marzo	3016,9	131,2
Abril	2936,2	127,7
Mayo	3233,6	140,6
Junio	3320,3	144,4
Julio	3756,4	163,3
Agosto	3551,5	154,4
Septiembre	3399,9	147,8
Octubre	3752,8	163,2
Noviembre	3749,1	163,0
Diciembre	3807,8	165,6

Elaborado por: María José Paredes Alarcón

En la tabla N° 17, se observa que el mes de enero presenta un mayor número de horas de luz solar (167,8 horas). A diferencia del mes de abril que cuenta con 127,7 horas.

10.1.4.2. Evaporación

Mediante los datos obtenidos en la estación Agrometeorológica M0004 Rumipamba de 23 años en el pasado (1990 – 2012) correspondientes a la evaporación en milímetros (mm) (Anexo), se determinó el resultado medio anual y los medios mensuales respectivos.

Tabla 20: Evaporación media anual 1990-2012.

AÑO	EVAPORACIÓN (mm)	
	Suma	Media
1990	1572,4	131,0
1991	1503,0	125,3
1992	1479,2	123,3
1993	1463,6	122,0
1994	1491,0	124,3
1995	1552,5	129,4
1996	1434,7	119,6
1997	1454,4	121,2
1998	1439,4	120,0
1999	1220,3	101,7
2000	1444,6	120,4
2001	1608,1	134,0
2002	1537,2	128,1
2003	1557,9	129,8
2004	1552,5	129,4
2005	1433,9	119,5

2006	1395,6	116,3
2007	1305,2	108,8
2008	1304,1	108,7
2009	1427,3	118,9
2010	1327,1	110,6
2011	1342,1	111,8
2012	1316,7	109,7

Elaborado por: María José Paredes Alarcón

La tabla N° 20, muestra una evaporación media anual de 120,1 mm, donde el año 2001 registró 134 mm, observando su contra punto en el año 1999 el cual presenta un nivel menor con 101,7 mm.

Tabla 21: Evaporación media mensual 1990-2012.

MES	TEMPERATURA (°C)	
	Suma	Media
Enero	3023,8	131,5
Febrero	2631,9	114,4
Marzo	2775,0	120,7
Abril	2417,6	105,1
Mayo	2465,8	107,2
Junio	2449,5	106,5
Julio	2687,2	116,8
Agosto	2774,3	120,6
Septiembre	2881,9	125,3
Octubre	3178,1	138,2
Noviembre	3018,1	131,2
Diciembre	2859,6	124,3

Elaborado por: María José Paredes Alarcón

En la tabla N° 21, se determina que el mes con mayor cantidad de evaporación es octubre con un valor de 138,2 mm y el mes que registra el menor valor es abril con 105,1 mm.

10.2. Calidad de agua en el río Yanayacu.

10.2.1 Resultados de los Análisis

Una vez obtenidos los resultados del análisis de agua, se procedió a la respectiva comparación con el Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua, expedido por el Acuerdo Ministerial 097, determinando el nivel de cumplimiento de los parámetros

establecidos en la Tabla 3, criterios de calidad de aguas para riego agrícola y Tabla 9 límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

- **Punto 1:** Camal Municipal 01

Ubicación: 50 metros aguas arriba de la descarga.

Coordenadas: 17 N 767306 E – 9898279 N

Tabla 22: Resultados de los análisis – Camal Municipal 01

MUESTRA DE AGUA								
Parámetro	Unidad	Análisis de Laboratorio	Valor Límite Permisible (Tabla 1)	Cumplimiento		Valor Límite Permisible (Tabla 3)	Cumplimiento	
				Sí	No		Sí	No
Temperatura	°C	16,2	-			-		
Grasas y Aceites	mg/L	<0,3	0,3	X		Ausencia		X
Turbidez	UNT	81,6	100	X		-		
Dureza	mg/L	283	500	X		-		
Sólidos Suspendidos	mg/L	132	-			-		
Sólidos Sedimentables	mg/L	0,6	-			-		
Color	Pt/Co	28,95	75	X		-		
Fosforo Total	mg/L	<1,7	-			-		
Nitrógeno	mg/L	<4	-			-		
Tensoactivos	mg/L	<0,05	0,5	X		-		
Conductividad Eléctrica	µS/cm	782	-			-		
Oxígeno Disuelto	mg/L	6,8	6	X		3	X	
pH	Unidades de pH	7,72	6-9	X		6-9	X	
DQO	mg/L	33	<4		X	-		
DBO ₅	mg/L	14	<2		X	-		
Coliformes Totales	NMP/100 ml	6300	3000		X	1000		X
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	1700	600		X	1000		X

Elaborado por: María José Paredes Alarcón

La tabla N° 22 en cuanto a la muestra de agua correspondiente al punto 1 – Camal Municipal 01, evidencia que los parámetros grasas y aceites, demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno, coliformes totales y fecales, se encuentran fuera de los límites máximos permisibles establecidos en el TULSMA, libro VI, Anexo 1, tablas 1 y 3, debido al tratamiento deficiente que se da a las descargas con alto contenido de materia orgánica, generadas en el proceso de faenamiento.

- **Punto 2:** Camal Municipal 02

Ubicación: Descarga Camal Municipal.

Coordenadas: 17 N 767208 E – 9898238 N

Tabla 23: Resultados de los análisis – Camal Municipal 02

MUESTRA DE AGUA					
Parámetro	Unidad	Análisis de Laboratorio	Valor Límite Permisible (TULSMA, Tabla 9)	Cumple	No cumple
Temperatura	°C	15,3	Condición Natural ± 3		
Grasas y Aceites	mg/L	3,28	30,0	X	
Turbidez	UNT	91,3	-		
Dureza	mg/L	570	-		
Sólidos Suspendidos	mg/L	70	220	X	
Sólidos Sedimentables	mg/L	3	20,0	X	
Color	Pt/Co	472,21	Inapreciable en dilución		
Fosforo Total	mg/L	<1,7	10,0	X	
Nitrógeno	mg/L	94,35	50,0		X
Tensoactivos	mg/L	0,058	0,5	X	
Conductividad Eléctrica	µS/cm	1424	-		
Oxígeno Disuelto	mg/L	0	-		
pH	Unidades de pH	6,97	6-9	X	
DQO	mg/L	797	200		X
DBO ₅	mg/L	400	100		X
Coliformes Totales	NMP/100 ml	>16000000	-		
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	>16000000	2000		X

Elaborado por: María José Paredes Alarcón

La tabla N° 23 en cuanto a la muestra de agua correspondiente al punto 2 – Camal Municipal 02, evidencia que los parámetros nitrógeno, demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de

oxígeno, coliformes totales y fecales, se encuentran fuera de los límites máximos permisibles establecidos en el TULSMA, libro VI, Anexo 1, tabla 9, debido al tratamiento deficiente que se da a las descargas con alto contenido de materia orgánica, generadas en el proceso de faenamiento, además a la presencia de detergentes y desinfectantes.

- **Punto 3:** Camal Municipal 03

Ubicación: 1 metro aguas abajo de la descarga.

Coordenadas: 17 N 767209 E – 9898239 N

Tabla 24: Resultados de los análisis – Camal Municipal 03

MUESTRA DE AGUA								
Parámetro	Unidad	Análisis de Laboratorio	Valor Límite Permisible (Tabla 1)	Cumplimiento		Valor Límite Permisible (Tabla 3)	Cumplimiento	
				Sí	No		Sí	No
Temperatura	°C	16,2	-			-		
Grasas y Aceites	mg/L	<0,3	0,3	X		Ausencia		X
Turbidez	UNT	78,4	100	X		-		
Dureza	mg/L	354	500	X		-		
Sólidos Suspendidos	mg/L	114	-			-		
Sólidos Sedimentables	mg/L	0,8	-			-		
Color	Pt/Co	40,56	75	X		-		
Fosforo Total	mg/L	<1,7	-			-		
Nitrógeno	mg/L	6,05	-			-		
Tensoactivos	mg/L	<0,05	0,5	X		-		
Conductividad Eléctrica	µS/cm	904	-			-		
Oxígeno Disuelto	mg/L	3,8	6		X	3	X	
pH	Unidades de pH	7,50	6-9	X		6-9	X	
DQO	mg/L	56	<4		X	-		
DBO ₅	mg/L	25	<2		X	-		
Coliformes Totales	NMP/100 ml	28000	3000		X	1000		X
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	12000	600		X	1000		X

Elaborado por: María José Paredes Alarcón

La tabla N° 24 determina que en la muestra de agua correspondiente al punto 3 – Camal Municipal 03, los parámetros grasas y aceites, oxígeno disuelto, demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno, coliformes totales y fecales, se encuentran fuera de los límites máximos

permisibles establecidos en el TULSMA, libro VI, Anexo 1, tablas 1 y 3, debido al tratamiento deficiente que se da a las descargas con alto contenido de materia orgánica, generadas en el proceso de faenamiento.

- **Punto 4:** Camal Municipal 04

Ubicación: 50 metros aguas abajo de la descarga.

Coordenadas: 17 N 767209 E – 9898239 N

Tabla 25: Resultados de los análisis – Camal Municipal 04

MUESTRA DE AGUA								
Parámetro	Unidad	Análisis de Laboratorio	Valor Límite Permisible (Tabla 1)	Cumplimiento		Valor Límite Permisible (Tabla 3)	Cumplimiento	
				Sí	No		Sí	No
Temperatura	°C	16,4	-			-		
Grasas y Aceites	mg/L	<0,3	0,3	X		Ausencia		X
Turbidez	UNT	61,4	100	X		-		
Dureza	mg/L	330	500	X		-		
Sólidos Suspendidos	mg/L	148	-			-		
Sólidos Sedimentables	mg/L	1	-			-		
Color	Pt/Co	36,41	75	X		-		
Fosforo Total	mg/L	<1,7	-			-		
Nitrógeno	mg/L	5,56	-			-		
Tensoactivos	mg/L	<0,05	0,5	X		-		
Conductividad Eléctrica	µS/cm	923	-			-		
Oxígeno Disuelto	mg/L	4,6	6		X	3	X	
pH	Unidades de pH	7,46	6-9	X		6-9	X	
DQO	mg/L	37	<4		X	-		
DBO ₅	mg/L	16	<2		X	-		
Coliformes Totales	NMP/100 ml	24000	3000		X	1000		X
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	14000	600		X	1000		X

Elaborado por: María José Paredes Alarcón

Mediante la tabla N° 25 se puede identificar que la muestra de agua correspondiente al punto 4 – Camal Municipal 04, los parámetros grasas y aceites, oxígeno disuelto, demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno, coliformes totales y fecales, se encuentran fuera de los límites máximos permisibles establecidos en el TULSMA, libro VI, Anexo 1, tablas 1 y 3, debido

al tratamiento deficiente que se da a las descargas con alto contenido de materia orgánica, generadas en el proceso de faenamiento.

- **Punto 5:** Camal Municipal 05

Ubicación: 100 metros aguas abajo de la descarga.

Coordenadas: 17 N 767126 E – 9998130 N

Tabla 26: Resultados de los análisis – Camal Municipal 05

MUESTRA DE AGUA								
Parámetro	Unidad	Análisis de Laboratorio	Valor Límite Permissible (Tabla 1)	Cumplimiento		Valor Límite Permissible (Tabla 3)	Cumplimiento	
				Sí	No		Sí	No
Temperatura	°C	16,7	-			-		
Grasas y Aceites	mg/L	<0,3	0,3	X		Ausencia		X
Turbidez	UNT	74,8	100	X		-		
Dureza	mg/L	354	500	X		-		
Sólidos Suspendidos	mg/L	122	-			-		
Sólidos Sedimentables	mg/L	1	-			-		
Color	Pt/Co	23,61	75	X		-		
Fosforo Total	mg/L	<1,7	-			-		
Nitrógeno	mg/L	<4	-			-		
Tensoactivos	mg/L	<0,05	0,5	X		-		
Conductividad Eléctrica	µS/cm	1046	-			-		
Oxígeno Disuelto	mg/L	4,8	6		X	3	X	
pH	Unidades de pH	8,06	6-9	X		6-9	X	
DQO	mg/L	38	<4		X	-		
DBO ₅	mg/L	12	<2		X	-		
Coliformes Totales	NMP/100 ml	350000	3000		X	1000		X
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	24000	600		X	1000		X

Elaborado por: María José Paredes Alarcón

La tabla N° 26 permite determinar que en la muestra de agua correspondiente al punto 5 – Camal Municipal 05, los parámetros grasas y aceites, oxígeno disuelto, demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno, coliformes totales y fecales, se encuentran fuera de los límites máximos permisibles establecidos en el TULSMA, libro VI, Anexo 1, tablas 1 y 3, debido al

tratamiento deficiente que se da a las descargas con alto contenido de materia orgánica, generadas en el proceso de faenamiento.

- **Punto 6:** Camal Municipal 06

Ubicación: Descarga del río Yanayacu al Río Cutuchi.

Coordenadas: 17 N 764955 E – 9896568 N

Tabla 27: Resultados de los análisis – Camal Municipal 06

MUESTRA DE AGUA								
Parámetro	Unidad	Análisis de Laboratorio	Valor Límite Permisible (Tabla 1)	Cumplimiento		Valor Límite Permisible (Tabla 3)	Cumplimiento	
				Sí	No		Sí	No
Temperatura	°C	17,8	-			-		
Grasas y Aceites	mg/L	<0,3	0,3	X		Ausencia		X
Turbidez	UNT	8,79	100	X		-		
Dureza	mg/L	431	500	X		-		
Sólidos Suspendidos	mg/L	<50	-			-		
Sólidos Sedimentables	mg/L	1,5	-			-		
Color	Pt/Co	60,38	75	X		-		
Fosforo Total	mg/L	<1,7	-			-		
Nitrógeno	mg/L	<4	-			-		
Tensoactivos	mg/L	<0,05	0,5	X		-		
Conductividad Eléctrica	µS/cm	879	-			-		
Oxígeno Disuelto	mg/L	6,6	6	X		3	X	
pH	Unidades de pH	7,67	6-9	X		6-9	X	
DQO	mg/L	36	<4		X	-		
DBO ₅	mg/L	15	<2		X	-		
Coliformes Totales	NMP/100 ml	11000	3000		X	1000		X
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	2200	600		X	1000		X

Elaborado por: María José Paredes Alarcón

La tabla N° 27 en cuanto a la muestra de agua correspondiente al punto 1 – Camal Municipal 01, evidencia que los parámetros grasas y aceites, demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno, coliformes totales y fecales, se encuentran fuera de los límites máximos permisibles establecidos en el TULSMA, libro VI, Anexo 1, tablas 1 y 3, debido al tratamiento deficiente que

se da a las descargas con alto contenido de materia orgánica, generadas en el proceso de faenamiento.

10.3. Capacidad de Autodepuración del río Yanayacu.

10.3.1 Comportamiento de los parámetros evaluados.

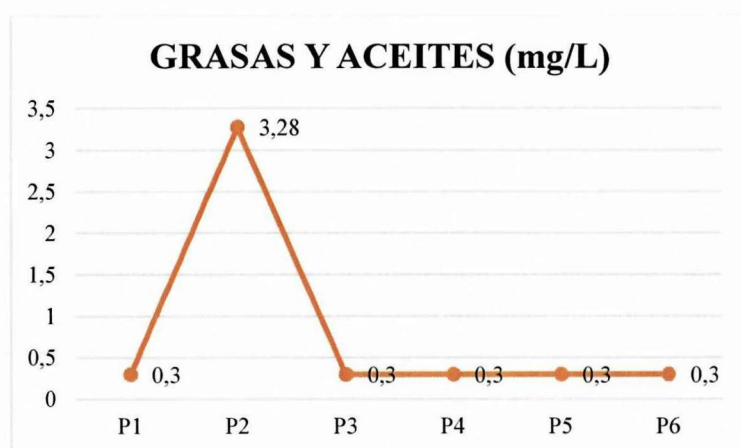
Obtenidos los resultados de laboratorio para los parámetros evaluados, mediante gráficos estadísticos es posible determinar su comportamiento a lo largo del cauce y el efecto que tiene la descarga del Camal Municipal del cantón Latacunga sobre los mismos.

Tabla 28: Resultados de aceites y grasas.

GRASAS Y ACEITES	
PUNTO	RESULTADO (mg/L)
P1	0,3
P2	3,28
P3	0,3
P4	0,3
P5	0,3
P6	0,3

Elaborado por: María José Paredes Alarcón

Figura 7: Comportamiento de grasas y aceites en el río.



Elaborado por: María José Paredes Alarcón

La tabla N° 28 y figura N° 8, hacen referencia a la concentración de grasas y aceites en cada uno de los puntos muestreados y su evolución en el curso receptor describiendo la siguiente tendencia: El punto 1, ubicado 50 m aguas arriba de la descarga posee un valor de 0,3 mg/L; en el punto 2,

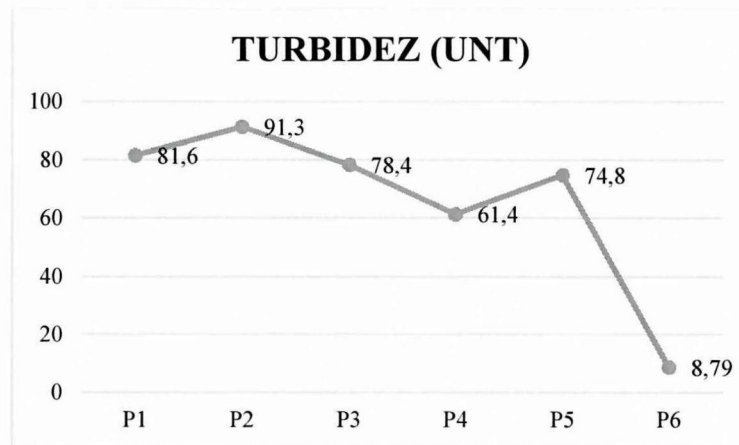
concerniente a la descarga el resultado es de 3,28 mg/L debido al agua de escaldado y lavado de canales principalmente (Anexo 15,2); los puntos 3, 4, 5 y 6, ubicados a 1 m, 50 m, 100 m y en la descarga del río Yanayacu al Cutuchi respectivamente se mantienen al mismo nivel que el punto 1 con 0,3 mg/L. De esta manera se evidencia que al no existir variación, los contaminantes se disuelven exitosamente y el parámetro no es influenciado por el aporte de agua correspondiente al efluente.

Tabla 29: Resultados de turbidez.

TURBIDEZ	
PUNTO	RESULTADO (UNT)
P1	81,6
P2	91,3
P3	78,4
P4	61,4
P5	74,8
P6	8,79

Elaborado por: María José Paredes Alarcón

Figura 8: Comportamiento de la turbidez en el río.



Elaborado por: María José Paredes Alarcón

La tabla N° 29 y figura N° 5 hacen referencia a la concentración de turbidez, en cada uno de los puntos muestreados y su evolución en el curso receptor describiendo la siguiente tendencia: El punto 1, 50 m aguas arriba de la descarga, posee un valor de 81,6 UNT; en el punto 2, concerniente a la descarga, el resultado es de 91,3 UNT, debido al proceso de faenamiento (Anexo 15,2); los puntos 3, 4, 5 y 6, ubicados a 1 m, 50 m, 100 m y en la descarga del río Yanayacu al Cutuchi

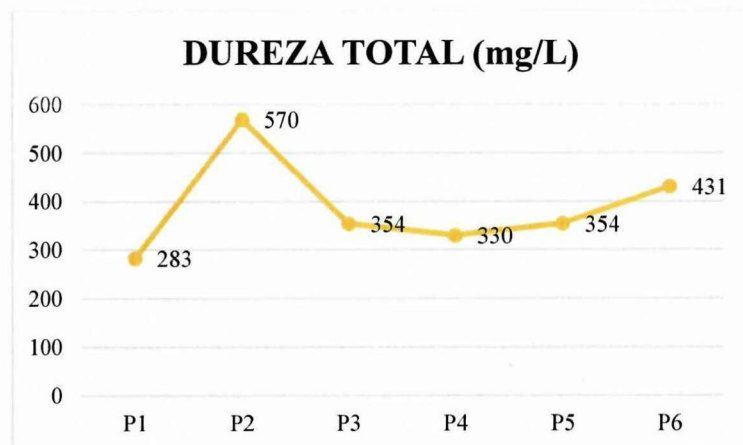
respectivamente si bien presentan valores variables, no superan los establecidos en el punto 1 o 2. De esta manera se evidencia que el parámetro no es influenciado significativamente por el aporte de agua correspondiente al efluente.

Tabla 30: Resultados de dureza total

DUREZA TOTAL	
PUNTO	RESULTADO (mg/L)
P1	283
P2	570
P3	354
P4	330
P5	354
P6	431

Elaborado por: María José Paredes Alarcón

Figura 9: Comportamiento de la dureza total en el río.



Elaborado por: María José Paredes Alarcón

La tabla N° 30 y figura N° 10 hacen referencia a la concentración de dureza, en cada uno de los puntos muestreados y su evolución en el curso receptor describiendo la siguiente tendencia: El punto 1, ubicado 50 m aguas arriba de la descarga posee un valor de 283 mg/L; en el punto 2, concerniente a la descarga el resultado es de 570 mg/L debido al proceso de faenamiento (Anexo 15,2); el punto 3 a 1 m presenta un incremento de 287 mg/L con relación al punto 1, alcanzando 354 mg/L por lo que se determina que la descarga al entrar en contacto con el río tiene un efecto inmediato en este parámetro; a partir del punto 4 se observa una tendencia ascendente que se mantiene en los puntos 5 y 6, ubicados a 100 m y en la descarga del río Yanayacu al Cutuchi

respectivamente. De esta manera se evidencia que al existir variación, los contaminantes no se disuelven exitosamente y el parámetro es influenciado por el aporte de agua correspondiente al efluente.

Tabla 31: Resultados de sólidos suspendidos.

SÓLIDOS SUSPENDIDOS	
PUNTO	RESULTADO (mg/L)
P1	132
P2	70
P3	114
P4	148
P5	122
P6	50

Elaborado por: María José Paredes Alarcón

Figura 10: Comportamiento de los sólidos suspendidos en el río.



Elaborado por: María José Paredes Alarcón

La tabla N° 31 y figura N° 11 hacen referencia a la concentración de sólidos suspendidos, en cada uno de los puntos muestreados y su evolución en el curso receptor describiendo la siguiente tendencia: El punto 1, ubicado 50 m aguas arriba de la descarga posee un valor de 132 mg/L; en el punto 2, concerniente a la descarga el resultado es de 70 mg/L debido al proceso de faenamamiento (Anexo 15,2); los puntos 3, 4, 5 y 6, ubicados a 1 m, 50 m, 100 m y en la descarga del río Yanayacu al Cutuchi respectivamente, si bien presentan valores variables, exclusivamente en el punto 4 se observa un aumento en relación al punto 1, a partir de este la tendencia es descendente. De esta

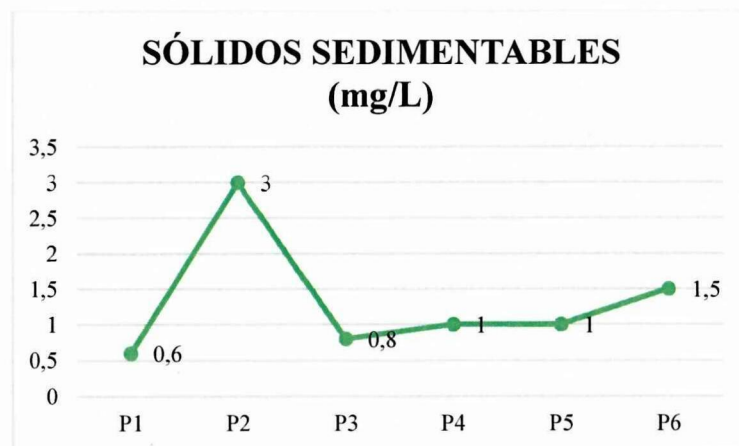
manera se evidencia que el parámetro no es influenciado significativamente por el aporte de agua correspondiente al efluente.

Tabla 32: Resultados de sólidos sedimentables

SÓLIDOS SEDIMENTABLES	
PUNTO	RESULTADO (mg/L)
P1	0,6
P2	3
P3	0,8
P4	1
P5	1
P6	1,5

Elaborado por: María José Paredes Alarcón

Figura 11: Comportamiento de los sólidos sedimentables en el río.



Elaborado por: María José Paredes Alarcón

La tabla N° 32 y figura N° 12 hacen referencia a la concentración de sólidos sedimentables, en cada uno de los puntos muestreados y su evolución en el curso receptor describiendo la siguiente tendencia: El punto 1, ubicado 50 m aguas arriba de la descarga posee un valor de 0,6 mg/L; en el punto 2, concerniente a la descarga el resultado es de 3 mg/L que podría deberse al proceso de faenamiento, en donde manejan como residuos contenido ruminal, purín (estiércol), pelos y restos de carne del ganado que procesan (Anexo 15,2); el punto 3 a 1 m presenta un incremento de 0,2 mg/L con relación al punto 1, alcanzando 0,8 mg/L por lo que se determina que la descarga al entrar en contacto con el río tiene un efecto inmediato en este parámetro; a partir del punto 4 se observa una tendencia ascendente que se mantiene en los puntos 5 y 6, ubicados a 100 m y en la

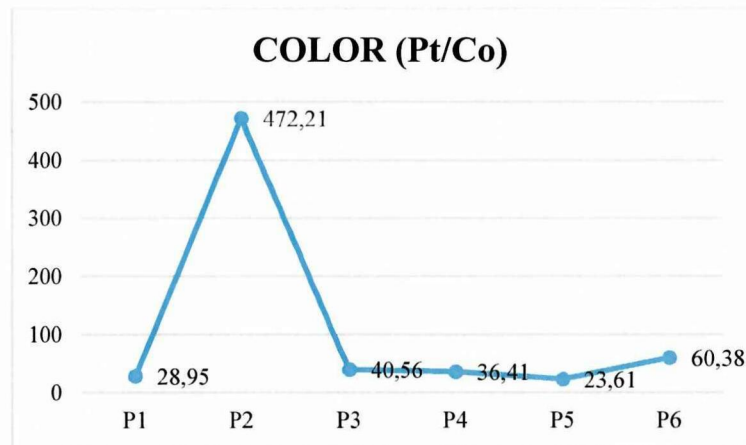
descarga del río Yanayacu al Cutuchi respectivamente. De esta manera se evidencia que al existir variación, los contaminantes no se disuelven exitosamente y el parámetro es influenciado por el aporte de agua correspondiente al efluente.

Tabla 33: Resultados de color.

COLOR	
PUNTO	RESULTADO (Pt/Co)
P1	28,95
P2	472,21
P3	40,56
P4	36,41
P5	23,61
P6	60,38

Elaborado por: María José Paredes Alarcón

Figura 12: Comportamiento del color en el río.



Elaborado por: María José Paredes Alarcón

La tabla N° 33 y figura N° 13 hacen referencia a la concentración de color, en cada uno de los puntos muestreados y su evolución en el curso receptor describiendo la siguiente tendencia: El punto 1, ubicado 50 m aguas arriba de la descarga posee un valor de 28,95 Pt/Co; en el punto 2, concerniente a la descarga el resultado es de 472,21 Pt/Co esto se debe a que el Camal Municipal no cuenta con un tratamiento adecuado para aguas residuales, provocando que la sangre resultado del proceso de faenamiento al entrar en contacto con el río altere el color de este (Anexo 15,2); el punto 3 a 1 m presenta un incremento de 11,61 Pt/Co con relación al punto 1 alcanzando 40,56 Pt/Co, por lo que se determina que la descarga tiene un efecto inmediato en este parámetro; en los puntos 4 a 50 m y 5 a 100 m se observa una tendencia descendente; exclusivamente en el punto 6

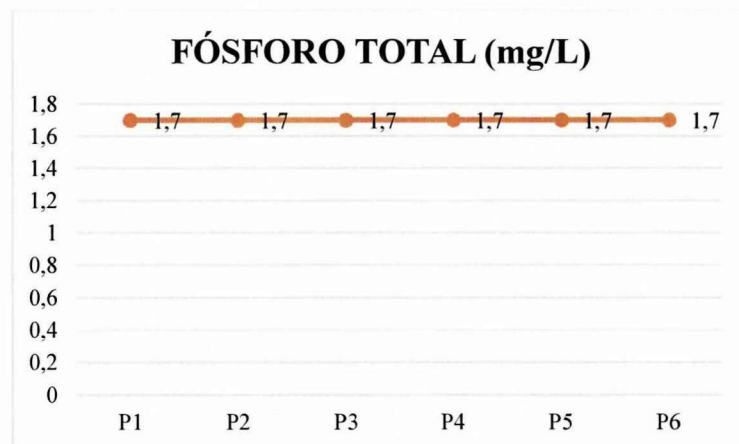
ubicado en la descarga del río Yanayacu al Cutuchi se presenta un ascenso, esto puede deberse a los diferentes procesos productivos que se dan a lo largo del cauce. De esta manera se evidencia que la variación en el parámetro es influenciada por el aporte de agua correspondiente al efluente, sin embargo los contaminantes que lo alteran se disuelven exitosamente.

Tabla 34: Resultados de fósforo total.

FÓSFORO TOTAL	
PUNTO	RESULTADO (mg/L)
P1	1,7
P2	1,7
P3	1,7
P4	1,7
P5	1,7
P6	1,7

Elaborado por: María José Paredes Alarcón

Figura 13: Comportamiento del fósforo total en el río.



Elaborado por: María José Paredes Alarcón

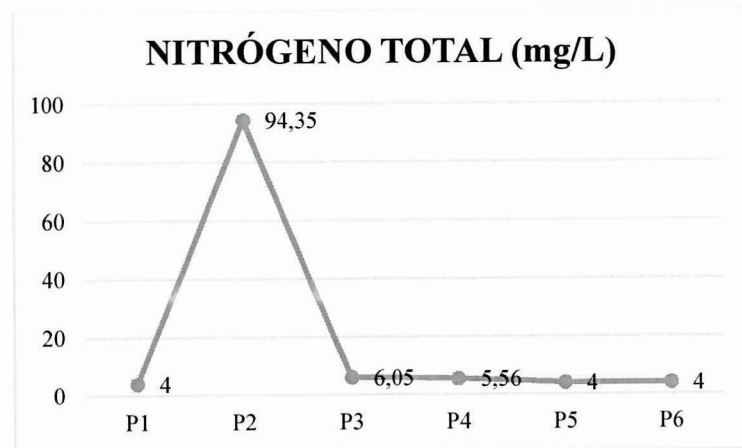
En la tabla N° 34 y figura N° 14 los puntos muestreados presentan el mismo nivel, al no existir variación en el parámetro fosforo total, se determina que este no es influenciado por el aporte correspondiente a la descarga.

Tabla 35: Resultados de nitrógeno total.

NITRÓGENO TOTAL	
PUNTO	RESULTADO (mg/L)
P1	4
P2	94,35
P3	6,05
P4	5,56
P5	4
P6	4

Elaborado por: María José Paredes Alarcón

Figura 14: Comportamiento del nitrógeno total en el río.



Elaborado por: María José Paredes Alarcón

La tabla N° 35 y figura N° 15, hacen referencia a la concentración de nitrógeno en cada uno de los puntos muestreados y su evolución en el curso receptor describiendo la siguiente tendencia: El punto 1, ubicado 50 m aguas arriba de la descarga posee un valor de 4 mg/L; en el punto 2, concerniente a la descarga el resultado es de 94,35 mg/L debido a que el Camal Municipal no cuenta con un tratamiento adecuado para aguas residuales, pues trabaja exclusivamente con sedimentadores y un serpentín natural, provocando que elementos como: Purín (estiércol), contenidos estomacales, sangre, productos detergentes y desinfectantes estén presentes. Si bien el nitrógeno es un nutriente esencial, en exceso la concentración de oxígeno disuelto disponible para organismos superiores, cae drásticamente haciéndolos vulnerables y propensos a morir (Anexo 15,2).

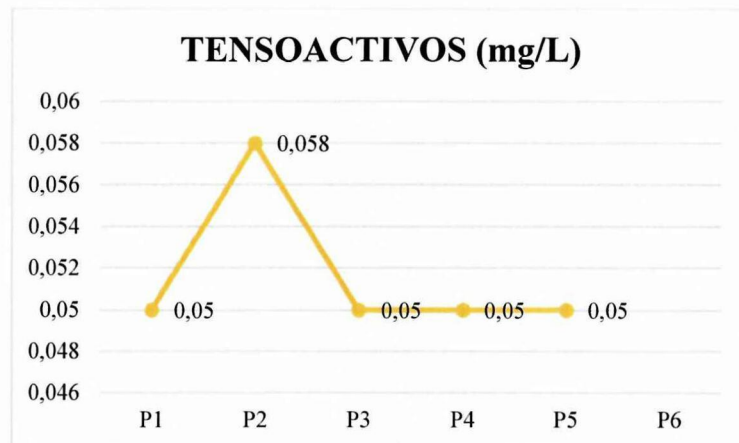
Los puntos 3, 4, 5 y 6, ubicados a 1 m, 50 m, 100 m y en la descarga del río Yanayacu al Cutuchi respectivamente, presentan una tendencia descendente hasta retomar el valor resultante en el punto 1. De esta manera se evidencia que la variación en el parámetro es influenciada por el aporte de agua correspondiente al efluente, sin embargo los contaminantes que lo alteran se disuelven exitosamente.

Tabla 36: Resultados de tensoactivos.

TENSOACTIVOS	
PUNTO	RESULTADO (mg/L)
P1	0,05
P2	0,058
P3	0,05
P4	0,05
P5	0,05
P6	0,05

Elaborado por: María José Paredes Alarcón

Figura 15: Comportamiento de tensoactivos en el río.



Elaborado por: María José Paredes Alarcón

La tabla N° 36 y figura N° 16, hacen referencia a la concentración de tensoactivos en cada uno de los puntos muestreados y su evolución en el curso receptor describiendo la siguiente tendencia: El punto 1, ubicado 50 m aguas arriba de la descarga posee un valor de 0,05 mg/L; en el punto 2, concerniente a la descarga el resultado es de 0,058 mg/L debido al proceso de faenamiento (Anexo 15,2); los puntos 3, 4, 5 y 6, ubicados a 1 m, 50 m, 100 m y en la descarga del río Yanayacu al Cutuchi respectivamente se mantienen al mismo nivel que el punto 1 con 0,05 mg/L. De esta

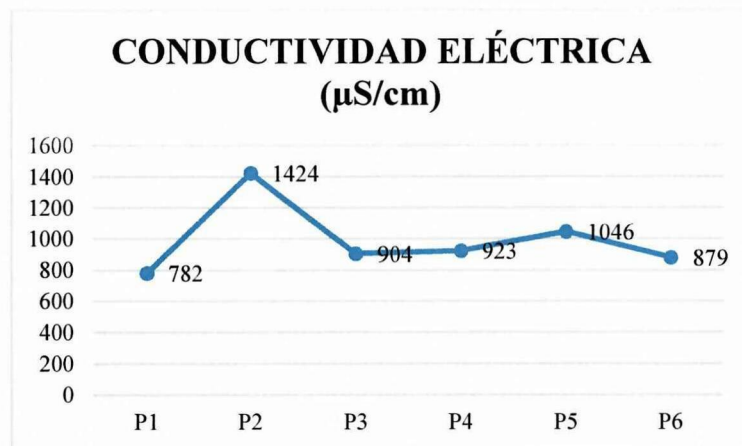
manera se evidencia que al no existir variación, los contaminantes se disuelven exitosamente y el parámetro no es influenciado por el aporte de agua correspondiente al efluente.

Tabla 37: Resultados de conductividad eléctrica.

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	
PUNTO	RESULTADO ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
P1	782
P2	1424
P3	904
P4	923
P5	1046
P6	879

Elaborado por: María José Paredes Alarcón

Figura 16: Comportamiento de la conductividad eléctrica en el río.



Elaborado por: María José Paredes Alarcón

La tabla N° 37 y figura N° 17 hacen referencia a la conductividad eléctrica en cada uno de los puntos muestreados y su evolución en el curso receptor describiendo la siguiente tendencia: El punto 1, ubicado 50 m aguas arriba de la descarga posee un valor de 782 $\mu\text{S}/\text{cm}$; en el punto 2, concerniente a la descarga el resultado es de 1424 $\mu\text{S}/\text{cm}$ que se debe al proceso de faenamiento, en donde se maneja sal para la preparación y tratamiento de viseras (Anexo 15,2); el punto 3 a 1 m presenta un incremento de 122 $\mu\text{S}/\text{cm}$ con relación al punto 1, alcanzando 904 $\mu\text{S}/\text{cm}$ por lo que se determina que la descarga al entrar en contacto con el río tiene un efecto inmediato en este parámetro; a partir del punto 4 se observa una tendencia ascendente que se mantiene en el punto 5

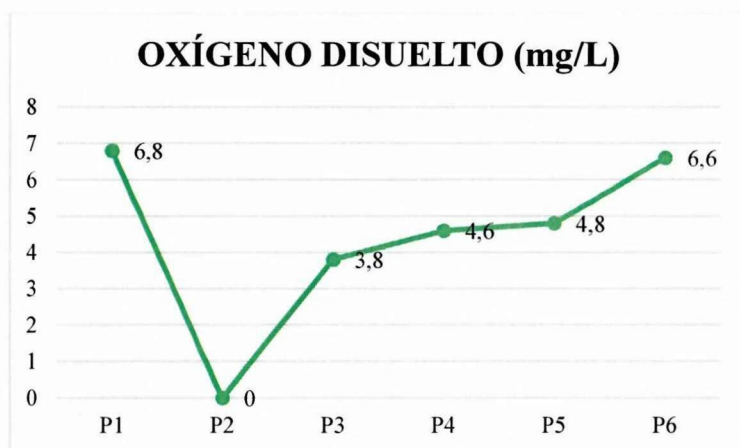
a 100 m. De esta manera se evidencia que al existir variación, los contaminantes no se disuelven exitosamente y el parámetro es influenciado por el aporte de agua correspondiente al efluente.

Tabla 38: Resultados de oxígeno disuelto.

OXÍGENO DISUELTO	
PUNTO	RESULTADO (mg/L)
P1	6,8
P2	0
P3	3,8
P4	4,6
P5	4,8
P6	6,6

Elaborado por: María José Paredes Alarcón

Figura 17: Comportamiento del oxígeno disuelto en el río.



Elaborado por: María José Paredes Alarcón

La tabla N° 38 y figura N° 18, hacen referencia a la concentración de oxígeno disuelto en cada uno de los puntos muestreados y su evolución en el curso receptor describiendo la siguiente tendencia: El punto 1, ubicado 50 m aguas arriba de la descarga posee un valor de 6,8 mg/L, que en base a la tabla 2 su condición es aceptable; en el punto 2, concerniente a la descarga el resultado es de 0 mg/L condición catalogada como anoxia, esto se debe a que el Camal Municipal en el manejo de aguas residuales no da un tratamiento adecuado y exclusivo para materia orgánica; El punto 3, 1 m aguas abajo de la descarga muestra un valor de 3,8 mg/L, con una condición de hipoxia, 3 mg/L por debajo del punto 1; los puntos 4, 5 y 6, ubicados a 1 m, 50 m, 100 m y en la descarga del río Yanayacu al Cutuchi respectivamente, presentan una tendencia ascendente hasta retomar la

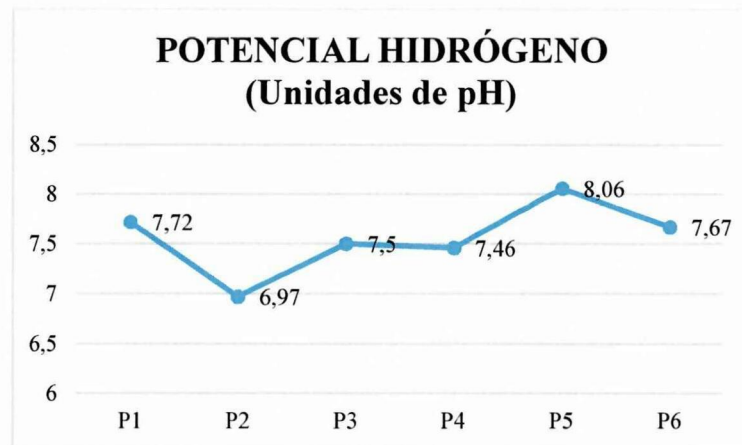
condición aceptable manifestada en el punto 1. De esta manera se evidencia que la variación en el parámetro es influenciada por el aporte de agua correspondiente al efluente, sin embargo los contaminantes que lo alteran se disuelven exitosamente.

Tabla 39: Resultados de pH.

POTENCIAL HIDRÓGENO	
PUNTO	RESULTADO (Unidades de pH)
P1	7,72
P2	6,97
P3	7,50
P4	7,46
P5	8,06
P6	7,67

Elaborado por: María José Paredes Alarcón

Figura 18: Comportamiento del potencial hidrógeno en el río.



Elaborado por: María José Paredes Alarcón

La tabla N° 39 y figura N° 19, hacen referencia a la concentración de pH en cada uno de los puntos muestreados y su evolución en el curso receptor describiendo la siguiente tendencia: El punto 1, ubicado 50 m aguas arriba de la descarga posee un valor de 7,72 considerado ligeramente básico; en el punto 2, concerniente a la descarga el resultado es de 6,79 tornándose ligeramente ácido, debido al proceso de faenamiento y a los contaminantes presentes en el agua residual (Anexo 15,2); los puntos 3, 4, 5 y 6, ubicados a 1 m, 50 m, 100 m y en la descarga del río Yanayacu al Cutuchi respectivamente si bien presentan valores variables, no superan lo establecido en el punto 1, a excepción del punto 5 que se vuelve más básico con 8,06 unidades de pH. De esta manera se

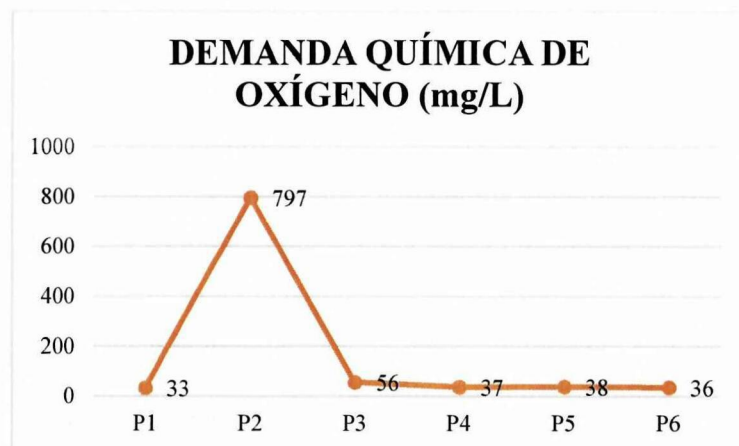
evidencia que el parámetro no es influenciado significativamente por el aporte de agua correspondiente al efluente.

Tabla 40: Resultados de DQO.

DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	
PUNTO	RESULTADO (mg/L)
P1	33
P2	797
P3	56
P4	37
P5	38
P6	36

Elaborado por: María José Paredes Alarcón

Figura 19: Comportamiento de la DQO en el río.



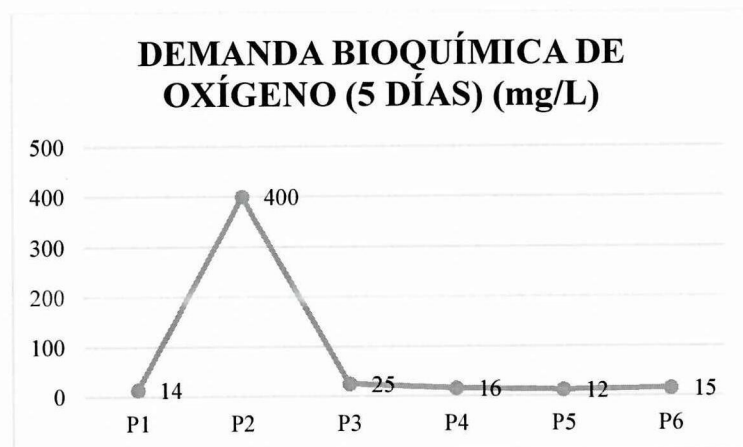
Elaborado por: María José Paredes Alarcón

La tabla N° 40 y figura N° 20, hacen referencia a la demanda química de oxígeno en cada uno de los puntos muestreados y su evolución en el curso receptor describiendo la siguiente tendencia: El punto 1, ubicado 50 m aguas arriba de la descarga posee un valor de 33 mg/L; en el punto 2, concerniente a la descarga el resultado es de 797 mg/L debido a los contaminantes de tipo orgánico presentes en el agua residual (Anexo 15,2). Los puntos 3, 4, 5 y 6, ubicados a 1 m, 50 m, 100 m y en la descarga del río Yanayacu al Cutuchi respectivamente, presentan una tendencia descendente. De esta manera se evidencia que la variación en el parámetro es influenciada por el aporte de agua correspondiente al efluente, sin embargo los contaminantes que lo alteran se disuelven exitosamente.

Tabla 41: Resultados de DBO5.

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (5 DÍAS)	
PUNTO	RESULTADO (mg/L)
P1	14
P2	400
P3	25
P4	16
P5	12
P6	15

Elaborado por: María José Paredes Alarcón

Figura 20: Comportamiento de la DBO5 en el río.

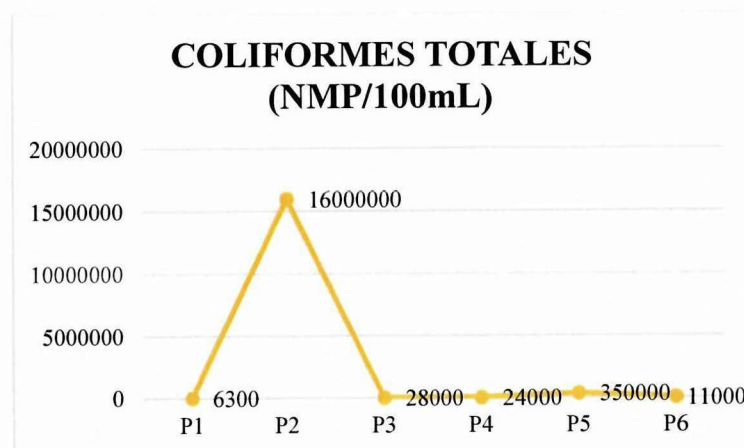
Elaborado por: María José Paredes Alarcón

La tabla N° 40 y figura N° 20, hacen referencia a la demanda bioquímica de oxígeno en cada uno de los puntos muestreados y su evolución en el curso receptor describiendo la siguiente tendencia: El punto 1, ubicado 50 m aguas arriba de la descarga posee un valor de 14 mg/L; en el punto 2, concerniente a la descarga el resultado es de 400 mg/L debido a los contaminantes de tipo orgánico presentes en el agua residual (Anexo 15,2). Los puntos 3, 4, 5 y 6, ubicados a 1 m, 50 m, 100 m y en la descarga del río Yanayacu al Cutuchi respectivamente, presentan una tendencia descendente. De esta manera se evidencia que la variación en el parámetro es influenciada por el aporte de agua correspondiente al efluente, sin embargo los contaminantes que lo alteran se disuelven exitosamente.

Tabla 42: Resultados de coliformes totales.

COLIFORMES TOTALES	
PUNTO	RESULTADO (NMP/100mL)
P1	6300
P2	16000000
P3	28000
P4	24000
P5	350000
P6	11000

Elaborado por: María José Paredes Alarcón

Figura 21: Comportamiento de las coliformes totales en el río.

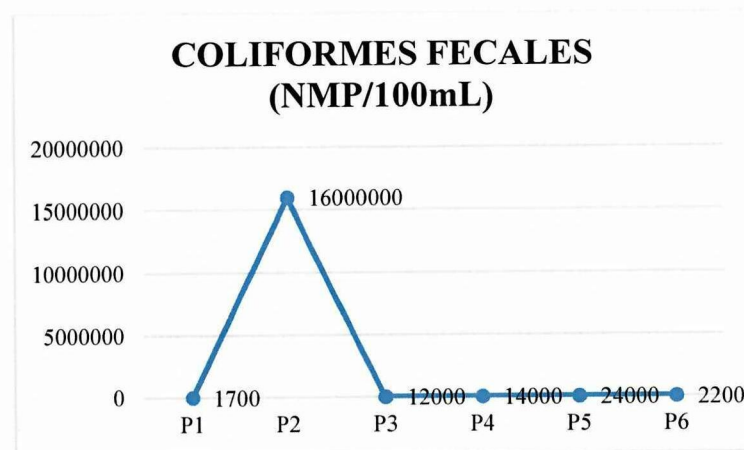
Elaborado por: María José Paredes Alarcón

La tabla N° 42 y figura N° 22 hacen referencia a la concentración de coliformes totales, en cada uno de los puntos muestreados y su evolución en el curso receptor describiendo la siguiente tendencia: El punto 1, ubicado 50 m aguas arriba de la descarga posee un valor de 6300 nmp/100mL; en el punto 2, concerniente a la descarga el resultado es de 16000000 nmp/100mL, esto se debe a que el agua perteneciente a las descargas contiene: Purín (estiércol), contenido ruminal, etc. (Anexo 15,2); el punto 3 a 1 m presenta un incremento de 21700 nmp/100mL con relación al punto 1, alcanzando 28000 nmp/100mL por lo que se determina que la descarga al entrar en contacto con el río tiene un efecto inmediato en este parámetro; a partir del punto 4 se observa una tendencia ascendente que se mantiene en el punto 5 a 100 m. De esta manera se evidencia que al existir variación, los contaminantes no se disuelven exitosamente y el parámetro es influenciado por el aporte de agua correspondiente al efluente.

Tabla 43: Resultados de coliformes fecales.

COLIFORMES FECALES	
PUNTO	RESULTADO (NMP/100mL)
P1	1700
P2	16000000
P3	12000
P4	14000
P5	24000
P6	2200

Elaborado por: María José Paredes Alarcón

Figura 22: Comportamiento de las coliformes fecales en el río.

Elaborado por: María José Paredes Alarcón

La tabla N° 43 y figura N° 23 hacen referencia a la concentración de coliformes fecales, en cada uno de los puntos muestreados y su evolución en el curso receptor describiendo la siguiente tendencia: El punto 1, ubicado 50 m aguas arriba de la descarga posee un valor de 1700 nmp/100mL; en el punto 2, concerniente a la descarga el resultado es de 16000000 nmp/100mL, esto se debe a que el agua perteneciente a las descargas contiene: Purín (estiércol), contenido ruminal, etc. (Anexo 15,2); el punto 3 a 1 m presenta un incremento de 10300 nmp/100mL con relación al punto 1, alcanzando 12000 nmp/100mL por lo que se determina que la descarga al entrar en contacto con el río tiene un efecto inmediato en este parámetro; a partir del punto 4 se observa una tendencia ascendente que se mantiene en el punto 5 a 100 m. De esta manera se evidencia que al existir variación, los contaminantes no se disuelven exitosamente y el parámetro es influenciado por el aporte de agua correspondiente al efluente.

10.3.2. Modelación del oxígeno disuelto.

10.3.2.1. Cálculo de la concentración de saturación.

Para el desarrollo del modelo es necesario establecer la concentración de oxígeno disuelto en el agua. Para lo cual se toman en cuenta las temperaturas de cada punto de muestreo establecidas en la tabla N° 26, la presión, la altitud y en base a la bibliografía se desestima el efecto de la salinidad.

- Punto 1

-Oxígeno a saturación

Datos:

Temperatura = 16,2 °C

$$OD_{S,1atm} = 14,652 - [0,41 \times T] + [0,008 \times T^2] - [0,000078 \times T^3]$$

$$OD_{S,1atm} = 14,652 - [0,41 \times 16,2] + [0,008 \times (16,2)^2] - [0,000078 \times (16,2)^3]$$

$$OD_{S,1atm} = 14,652 - [0,41 \times 16,2] + [0,008 \times 262,44] - [0,000078 \times 4251,53]$$

$$OD_{S,1atm} = 14,652 - 6,64 + 2,09 - 0,33$$

$$OD_{S,1atm} = 10,43$$

-Presión

Datos:

E = 2814 msnm

$$P = 760 e^{-E/8,005}$$

$$P = 760 e^{-2814/8,005}$$

$$P = 670,5 \text{ mmHg}$$

El valor de saturación de oxígeno disuelto corregido será:

Datos:

$$OD_S = 10,43$$

$$P = 670,5 \text{ mmHg}$$

$$OD_{SC} = 10,43^{670,5/760}$$

$$OD_{SC} = 7,04 \text{ mg/L}$$

- Punto 2

Oxígeno a saturación

Datos:

$$\text{Temperatura} = 15,3 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$OD_{S,1atm} = 14,652 - [0,41 \times T] + [0,008 \times T^2] - [0,000078 \times T^3]$$

$$OD_{S,1atm} = 14,652 - [0,41 \times 15,3] + [0,008 \times (15,3)^2] - [0,000078 \times (15,3)^3]$$

$$OD_{S,1atm} = 14,652 - [0,41 \times 15,3] + [0,008 \times 234,09] - [0,000078 \times 3581,58]$$

$$OD_{S,1atm} = 14,652 - 6,27 + 1,87 - 0,27$$

$$OD_{S,1atm} = 9,98$$

-Presión

Datos:

$$E = 2799 \text{ msnm}$$

$$P = 760 e^{-E/8,005}$$

$$P = 760 e^{-2799/8,005}$$

$$P = 675,8 \text{ mmHg}$$

El valor de saturación de oxígeno disuelto corregido será:

Datos:

$$OD_S = 9,98$$

$$P = 675,8 \text{ mmHg}$$

$$OD_{SC} = 9,98^{675,8/760}$$

$$OD_{SC} = 7,73 \text{ mg/L}$$

- Oxígeno a saturación Punto 3

Oxígeno a saturación

Datos:

$$\text{Temperatura} = 16,2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$OD_{S,1atm} = 14,652 - [0,41 \times T] + [0,008 \times T^2] - [0,000078 \times T^3]$$

$$OD_{S,1atm} = 14,652 - [0,41 \times 16,2] + [0,008 \times (16,2)^2] - [0,000078 \times (16,2)^3]$$

$$OD_{S,1atm} = 14,652 - [0,41 \times 16,2] + [0,008 \times 262,44] - [0,000078 \times 4251,53]$$

$$OD_{S,1atm} = 14,652 - 6,64 + 2,09 - 0,33$$

$$OD_{S,1atm} = 10,43$$

-Presión

Datos:

$$E = 2814 \text{ msnm}$$

$$P = 760 e^{-E/8,005}$$

$$P = 760 e^{-2814/8,005}$$

$$P = 670,5 \text{ mmHg}$$

El valor de saturación de oxígeno disuelto corregido será:

Datos:

$$OD_s = 10,43$$

$$P = 670,5 \text{ mmHg}$$

$$OD_{SC} = 10,43^{670,5/760}$$

$$OD_{SC} = 7,04 \text{ mg/L}$$

- Punto 4

Oxígeno a saturación

Datos:

$$\text{Temperatura} = 16,4 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$OD_{S,1atm} = 14,652 - [0,41 \times T] + [0,008 \times T^2] - [0,000078 \times T^3]$$

$$OD_{S,1atm} = 14,652 - [0,41 \times 16,4] + [0,008 \times (16,4)^2] - [0,000078 \times (16,4)^3]$$

$$OD_{S,1atm} = 14,652 - [0,41 \times 16,4] + [0,008 \times 268,96] - [0,000078 \times 4410,94]$$

$$OD_{S,1atm} = 14,652 - 6,72 + 2,15 - 0,34$$

$$OD_{S,1atm} = 9,74$$

-Presión

Datos:

$$E = 2809 \text{ msnm}$$

$$P = 760 e^{-E/8,005}$$

$$P = 760 e^{-2809/8,005}$$

$$P = 674,3 \text{ mmHg}$$

El valor de saturación de oxígeno disuelto corregido será:

Datos:

$$OD_S = 9,74$$

$$P = 674,3 \text{ mmHg}$$

$$OD_{SC} = 9,74^{674,3/760}$$

$$OD_{SC} = 7,53 \text{ mg/L}$$

- Punto 5

Oxígeno a saturación

Datos:

Temperatura = 16,7 °C

$$OD_{S,1atm} = 14,652 - [0,41 \times T] + [0,008 \times T^2] - [0,000078 \times T^3]$$

$$OD_{S,1atm} = 14,652 - [0,41 \times 16,7] + [0,008 \times (16,7)^2] - [0,000078 \times (16,7)^3]$$

$$OD_{S,1atm} = 14,652 - [0,41 \times 16,7] + [0,008 \times 278,89] - [0,000078 \times 4657,46]$$

$$OD_{S,1atm} = 14,652 - 6,85 + 2,23 - 0,36$$

$$OD_{S,1atm} = 10,39$$

-Presión

Datos:

E = 2807 msnm

$$P = 760 e^{-E/8,005}$$

$$P = 760 e^{-2807/8,005}$$

$$P = 675,2 \text{ mmHg}$$

El valor de saturación de oxígeno disuelto corregido será:

Datos:

$$OD_S = 10,39$$

$$P = 675,2 \text{ mmHg}$$

$$OD_{SC} = 10,39^{675,2 / 760}$$

$$OD_{SC} = 8 \text{ mg/L}$$

- Punto 6

Oxígeno a saturación

Datos:

Temperatura = 17,8 °C

$$OD_{S,1atm} = 14,652 - [0,41 \times T] + [0,008 \times T^2] - [0,000078 \times T^3]$$

$$OD_{S,1atm} = 14,652 - [0,41 \times 17,8] + [0,008 \times (17,8)^2] - [0,000078 \times (17,8)^3]$$

$$OD_{S,1atm} = 14,652 - [0,41 \times 17,8] + [0,008 \times 316,84] - [0,000078 \times 5639,75]$$

$$OD_{S,1atm} = 14,652 - 7,30 + 2,53 - 0,44$$

$$OD_{S,1atm} = 9,44$$

-Presión

Datos:

E = 2763 msnm

$$P = 760 e^{-E/8,005}$$

$$P = 760 e^{-2763/8,005}$$

$$P = 672,4 \text{ mmHg}$$

El valor de saturación de oxígeno disuelto corregido será:

Datos:

$$OD_S = 9,44$$

$$P = 672,4 \text{ mmHg}$$

$$OD_{SC} = 9,44^{672,4 / 760}$$

$$OD_{SC} = 7,28 \text{ mg/L}$$

Tabla 44: Cálculo de concentraciones de saturación (ODs) en 6 puntos del río Yanayacu.

Punto	Altitud (msnm)	Temperatura (°C)	$OD_{S,1atm}$ (mg/L)	Presión (mmHg)	ODs (mg/L)
Punto 1	2814	16,2	10,43	670,5	7,04
Punto 2	2799	15,3	9,98	675,8	7,73
Punto 3	2814	16,2	10,43	670,5	7,04
Punto 4	2809	16,4	9,74	674,3	7,53
Punto 5	2807	16,7	10,39	675,2	8
Punto 6	2763	17,8	9,44	672,4	7,28

Elaborado por: María José Paredes Alarcón

En la tabla N° 44 se presenta los resultados del cálculo de la concentración de saturación para los 6 puntos de muestreo, donde se establece que el nivel más elevado en el curso del río sería 8 mg/L en el punto 5, que en base a los rangos de concentración de oxígeno disuelto y consecuencias ecosistémicas frecuentes (tabla 2) su condición es catalogada como buena.

10.3.2.2. Cálculo del déficit inicial

Los valores obtenidos para las concentraciones de saturación (ODs) presentados en la tabla N° 43 se relacionaron con el nivel de OD presente en el agua mediante la siguiente ecuación.

- **Punto 1**

Datos:

O_s : 7,04 mg/L

OD: 6,8 mg/L

$$D = O_s - O$$

$$D = 7,04 \text{ mg/L} - 6,8 \text{ mg/L}$$

$$D = 0,24 \text{ mg/L}$$

- **Punto 2**

Datos:

O_s: 7,73 mg/L

OD: 0 mg/L

$$D = O_s - O$$

$$D = 7,73 \text{ mg/L} - 0 \text{ mg/L}$$

$$D = 7,73 \text{ mg/L}$$

- **Punto 3**

Datos:

O_s: 7,04 mg/L

OD: 3,8 mg/L

$$D = O_s - O$$

$$D = 7,04 \text{ mg/L} - 3,8 \text{ mg/L}$$

$$D = 3,24 \text{ mg/L}$$

- **Punto 4**

Datos:

O_s: 7,53 mg/L

OD: 4,6 mg/L

$$D = O_s - O$$

$$D = 7,53 \text{ mg/L} - 4,6 \text{ mg/L}$$

$$D = 2,93 \text{ mg/L}$$

- **Punto 5**

Datos:

O_s: 8 mg/L

OD: 4,8 mg/L

$$D = O_s - O$$

$$D = 8 \text{ mg/L} - 4,8 \text{ mg/L}$$

$$D = 3,2 \text{ mg/L}$$

- **Punto 6**

Datos:

O_s: 7,28 mg/L

OD: 6,6 mg/L

$$D = O_s - O$$

$$D = 7,28 \text{ mg/L} - 6,6 \text{ mg/L}$$

$$D = 0,68 \text{ mg/L}$$

Los resultados para los seis puntos considerados se presentan en la tabla N° 44.

Tabla 45: Cálculo del déficit de oxígeno.

Punto	O_s (mg/L)	OD (mg/L)	D (mg/L)
Punto 1	7,04	6,8	0,24
Punto 2	7,73	0	7,73
Punto 3	7,04	3,8	3,24
Punto 4	7,53	4,6	2,93
Punto 5	8	4,8	3,2
Punto 6	7,28	6,6	0,68

Elaborado por: María José Paredes Alarcón

Mediante el cálculo se determina que el mayor déficit se da en el punto 2 correspondiente a la descarga del camal municipal con 7,73 mg/L.

10.3.2.3. Constante de Desoxigenación

En este caso se realiza el procedimiento solamente de los puntos 2, 3, 4 y 5 debido a que el punto 1 y 6 son constantes de comprobación.

- **Punto 2**

Donde:

$$V = 0,69 \text{ m/s}$$

$$Q_1 = 3,40 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_2 = 4,10 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$L_1 = 14 \text{ mg/l}$$

$$L_2 = 24 \text{ aguas abajo, mg/l}$$

$$X_1 = 1 \text{ m}$$

$$X_2 = 50 \text{ m}$$

$$K_1 = V \frac{\frac{Q_1 L_1}{Q_2 L_2}}{X_2 - X_1}$$

$$K_1 = 0,69 \text{ m/s} \frac{\frac{3,40 \text{ m}^3/\text{s} \times 14 \text{ mg/L}}{4,10 \text{ m}^3/\text{s} \times 24 \text{ mg/L}}}{50\text{m} - 1\text{m}}$$

$$K_1 = 0,96$$

10.3.2.4. Constante de reaireación

Tomando en cuenta la profundidad media del río, se consideró para el cálculo de la constante k_a la ecuación propuesta por O'Connor y Dobbins.

Datos:

$$V = 0,69$$

$$H = 0,71$$

$$K_2 = 3,93 \frac{V^{0,5}}{H^{1,5}}$$

$$K_2 = 3,93 \frac{0,69^{0,5}}{0,71^{1,5}}$$

$$K_2 = 5,46 d^{-1}$$

Los resultados de la constante para los 4 puntos se presentan en la tabla N° 45

Tabla 46: Cálculo de constante de reaireación.

Punto	Profundidad H (m)	Velocidad V (m/seg)	Ka (días ⁻¹)
Punto 2	0,71	0,70	5,50
Punto 3	0,91	0,78	4,00
Punto 4	0,76	1,17	6,42
Punto 5	1,07	1,12	3,76

Elaborado por: María José Paredes Alarcón

10.3.2.4. Desarrollo del Modelo

Con los resultados obtenidos para el déficit inicial y los correspondientes a las constantes k y ka, recorrido, velocidad media y DBO_U modelada, se desarrolló el modelo para oxígeno disuelto, estimándose inicialmente el déficit de oxígeno disuelto (D) en cada punto de control mediante las siguientes ecuaciones.

- Ecuación De Streeter y Phelps

Punto 2

Datos:

$$L_0 = 400, \text{ mg/L}$$

$$T = 0,084 \text{ días}$$

$$K_1 = 0,96 \text{ d}^{-1}$$

$$K_2 = 5,50 \text{ d}^{-1}$$

$$D_0 = 7,73 \text{ mg/L}$$

$$D = \frac{K_1 L_0}{K_2 - K_1} [e^{-K_1 t} - e^{-K_2 t}] + D_0 e^{-K_2 t}$$

$$D = \frac{0,96 \times 400}{5,50 - 0,96} [e^{-0,96 \times 0,084} - e^{-5,50 \times 0,084}] + 7,73 e^{-5,50 \times 0,043}$$

$$D = 7,63 \text{ mg/L}$$

Complementariamente, se determinó la concentración modelada, como la diferencia entre la concentración de saturación y el déficit modelado. Los resultados se presentan en la Tabla 46 y se representan en la figura 21.

Concentración de oxígeno modelado punto 2

Datos:

$$OD_s = 7,73 \text{ mg/L}$$

$$D = 7,63 \text{ mg/L}$$

$$C = OD_s - D$$

$$C = 7,73 \text{ mg/L} - 7,63 \text{ mg/L}$$

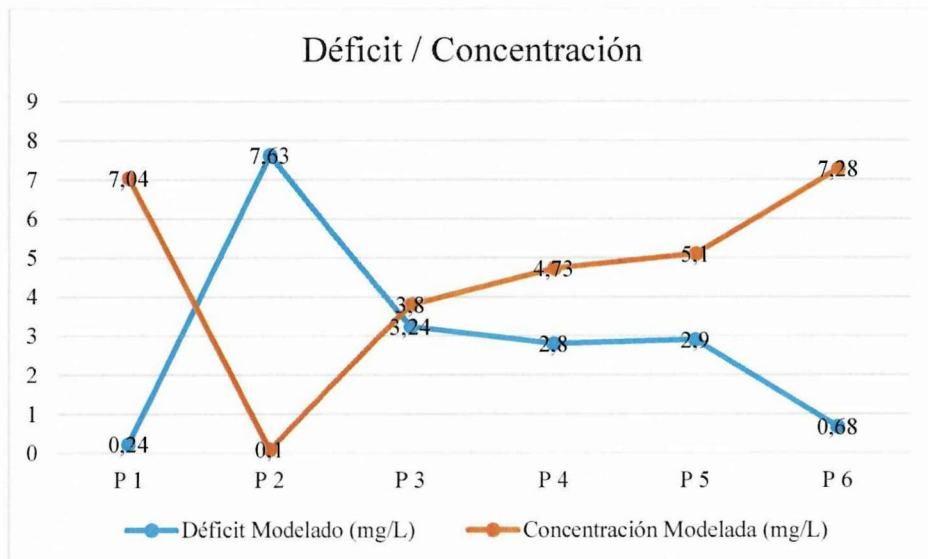
$$C = 0,10 \text{ mg/L}$$

Tabla 47: Modelación del déficit de oxígeno y concentración de oxígeno disuelto en 4 puntos del río Yanayacu.

Punto	Recorrido (m)	Tiempo (días)	Déficit Modelado (mg/L)	Concentración Modelada (mg/L)
Punto 2	50 m	0,084	7,63	0,10
Punto 3	1 m	0,043	3,24	3,8
Punto 4	50 m	0,92	2,80	4,73
Punto 5	50 m	0,94	2,9	5,1

Elaborado por: María José Paredes Alarcón

Figura 23: Modelamiento de Déficit y concentración de oxígeno disuelto en el río Yanayacu.



Elaborado por: María José Paredes Alarcón

En la figura N° 21, se observa que la concentración de oxígeno desciende drásticamente ante la descarga con un déficit de 3,24 mg/L a una distancia de 1 m, según los rangos de concentración de oxígeno disuelto su condición se cataloga como anoxia, a partir del punto 4 a 50 metros se presenta una tendencia ascendente debido a que la velocidad de reoxigenación es superior a la desoxigenación, por la presencia de factores naturales favorables como volumen adecuado de caudal, cantidad de agua, pendiente y factores antropogénicos como el tipo de vertido en este caso materia orgánica. En base a los resultados expuestos se evidencia que el río mantiene la capacidad autodepurativa inherente de los cuerpos de agua.

11. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS):

11.1. Impactos Técnicos

El modelo matemático de la disminución del oxígeno con sus ecuaciones forman una línea base que puede implementarse en el mismo cause o diferentes ríos del cantón.

11.2. Impactos Sociales

Sienta bases para mejorar la calidad de vida de los pobladores del sector, al informar el estado del río Yanayacu y genera conciencia del cuidado que debe dársele.

11.3. Impactos Ambientales

Desarrollo de un modelo matemático de autodepuración y estado de la calidad de agua, específico para el río Yanayacu, en base a la influencia de las descargas pertenecientes al camal municipal del cantón Latacunga que tiene en este. Dando datos precisos que ayudarían a la implementación de medidas de mitigación por parte del GAD Municipal para dar un tratamiento adecuado a los efluentes, con una planta de tratamiento adecuada por ejemplo.

11.4. Impactos Económicos

El agua del río Yanayacu al usarse para riego, es indispensable que en los cultivos en los se hace uso de la misma no se vean afectados, por la contaminación orgánica que existe en la zona. A mejor calidad de riego, existe mayor calidad de productos.

En cuanto al Camal Municipal, el impacto radica en la inversión necesaria para la implementación de una planta de tratamiento de agua, adecuado para los requerimientos necesarios.

12. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO

Resultados/Actividades	1er	2do	3er	
	Mes	Mes	Mes	
Establecer las condiciones hidrometeorológicas de la cuenca del río Yanayacu.	\$ 50,00			
Realizar un monitoreo de las descargas del Camal Municipal y puntos estratégicos del río Yanayacu.		\$720,00		
Determinar la capacidad de autodepuración del río Yanayacu			\$50,00	

en base al modelo matemático de Streeter y Phelps.				
%10				\$ 82,00
Total				\$902,00

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

13.1 CONCLUSIONES

- Mediante el Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua, expedido por el Acuerdo Ministerial 097 en sus tablas 3 y 9. Se pudo verificar que los parámetros grasas y aceites, demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno, nitrógeno, coliformes totales y fecales sobrepasan el valor límite permisible, manifestando el tratamiento deficiente que se da a los contaminantes de tipo orgánico por parte del Camal Municipal.
- Se determinó mediante el monitoreo de agua, en 6 puntos a diferentes distancias en el río Yanayacu y la respectiva descarga del camal Municipal que dicho río se ve afectado significativamente por materia orgánica, sin embargo a pesar de que altera negativamente la calidad de agua y sus atributos para el uso humano y conservación de vida acuática, las condiciones de recuperación del mismo hacen que su autodepuración sea teóricamente posible, en términos acordes con el recorrido del río hasta su desembocadura en el Cutuchi. La elaboración de gráficos estadísticos para determinar la evolución de los parámetros en el cauce confirman esta tendencia.
- Los resultados de la modelación de oxígeno disuelto, demuestran que el parámetro, presenta una disminución drástica al contacto con la descarga del camal municipal, pasando de condiciones aceptables de 6,8 mg/L en el punto 1 aguas arriba de la descarga, a la anoxia con el 0 absoluto en el punto 2. Sin embargo el oxígeno disuelto a partir del punto 3

establecido a 1 metro de la descarga, presenta una tendencia ascendente. En base al modelamiento establecido por Streeter - Phelps y a los resultados de análisis de agua obtenidos. Se puede establecer que el río según la distancia y el tiempo determinados entre los puntos, posee una capacidad autodepurativa significativa.

13.2 RECOMENDACIONES

- En base a los resultados de la presente investigación se recomienda, que el Camal Municipal de Latacunga implante un tratamiento adecuado a sus descargas, ya que solo posee tanques sedimentadores y un serpentín natural, sin dar prioridad a un tratamiento para su contaminante más característico como lo es la materia orgánica.
- Es necesario que para levantar información de carácter meteorológico e hidrológico, existan los datos necesarios, por lo que es indispensable se mejore la recopilación de estos en las diferentes estaciones especializadas a lo largo del país. Ya que el no contar con suficientes puede estancar considerablemente cualquier proyecto cuya base sean estos.
- Al considerar los resultados del presente proyecto se recomienda, dar continuidad en diferentes puntos del cantón Latacunga para que con esto se establezca el estado de la vida acuática presente en los recursos hídricos que posee el cantón y como estos se ven afectados por las distintas descargas a las que se ven sometidos.

14. BIBLIOGRAFÍA

- Arocena, R. & D. Conde (ed.). 1999. Métodos en Ecología de Aguas Continentales, con Ejemplos de Limnología en Uruguay. DIRAC/FC/UDELAR, Montevideo. 233 pp.

Bain, M.B. & N.J. Stevenson (ed.). 1999. Aquatic habitat assessment: common methods. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.

- Cristes , R., & McGraw, H. (2000). *Tratamiento de Aguas Residuales*. Bogotá, Colombia: Interamericana S.A.

- EPA. 1997. Volunteer Stream Monitoring: A Methods Manual. Recuperado el 1 de Julio de 2016, de <http://www.epa.gov/owow/monitoring/volunteer/stream/>

- Faustino, J., & Jiménez, F. (2000). *Manejo de Cuencas Hidrográficas* (Primera ed.). Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical De Investigación y Enseñanza.

- Faustino, J., & Jiménez, F. (2000). *Manejo de Cuencas Hidrográficas* (Primera ed.). Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.

- Gil Rodríguez, M. (2005). *Poceso de Descontaminación de Aguas* (Primera ed.). Madrid, España: Paraninfo, S.A.

- Gil Rodriguez, M. (2013). *Depuración de Aguas Residuales* (Segunda ed.). Madrid, España: IBERGARCETA PUBLICACIONES, S.L.

- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2010). Censo de Población y Vivienda. Ecuador: Autor.

- Kazmann, R. G. (1975). *Hidrología Moderna*. Madrid, España: CIA. Editorial Continental S.A.

- Linsley, R. K., Kohler, M. A., & H. Paulhus, J. (1967). *Hidrología Para Ingenieros*. (M. Serra, & F. Domínguez , Trads.) Madrid, Esaña: Ediciones Del Castillo, S.A.

- Madrid, E. d. (1972). *Manula de Hidrología*. (R. Heras, Ed.) Madrid, España: Centro de Estudios Hidrográficos

-Mazari, M. (2016). El agua como recurso. *Divulgación de la ciencia UNAM*, 1 (54).

Recuperado de <http://www.comoves.unam.mx/numeros/articulo/54/el-agua-como-recurso>

- Orosco, Á. (2005). *Bioingeniería de Aguas Residuales*. Bogotá, Colombia: Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria.

- Ramalho, R. S. (1993). *Tratamiento de Aguas Residuales*. Barcelona, España: Reverte S.A.

- Ramírez Sierra, C. A. (2011). *Calidad de Agua*. Medellín : Ediciones de la U.

- Romero, J. (2002). *Tratamiento de Aguas Residuales*. Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.

-Sutton, T. (2012). Qgis. Recuperado el 1 de Julio de 2016, de <http://www.qgis.org/es/site/about/index.html>

- Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua, expedido por el Acuerdo Ministerial 097.

15. ANEXOS



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por la señorita Egresada de la Carrera de Ingeniería de Medio Ambiente de la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales: **PAREDES ALARCÓN MARÍA JOSÉ**, cuyo título versa **“EVALUACIÓN DE LAS DESCARGAS DEL CAMAL MUNICIPAL DEL CANTÓN LATACUNGA Y CAPACIDAD DE AUTODEPURACIÓN DEL RÍO YANAYACU”**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, febrero del 2017

Atentamente,


Lic. M. Sc. Alison Paulina Mena Barthelotty
DOCENTE CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS
C.C. 0501801252

15.2. Visita de campo instalaciones del Camal Municipal.

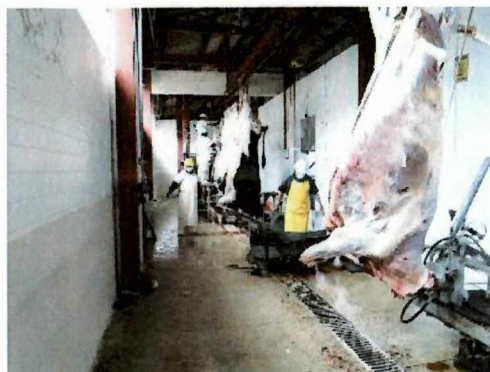
Fotografía 1. Instalaciones Camal Municipal



Fotografía 2. Corrales



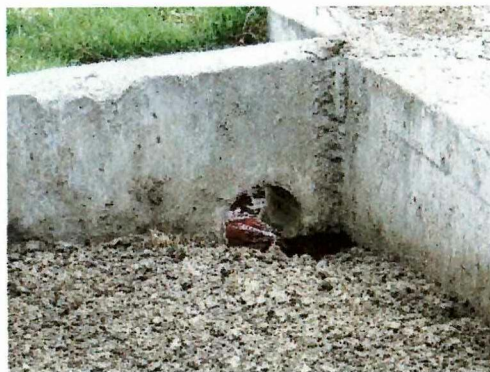
Fotografía 3. Lavado de canales



Fotografía 3. Trozado



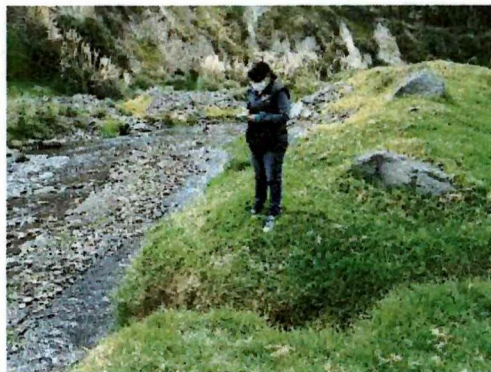
Fotografía 4 y 5. Proceso de sedimentación.



Fotografía 6 y 7. Ingreso al serpentín natural.



Fotografía 8 y 9. Descarga al río Yanayacu



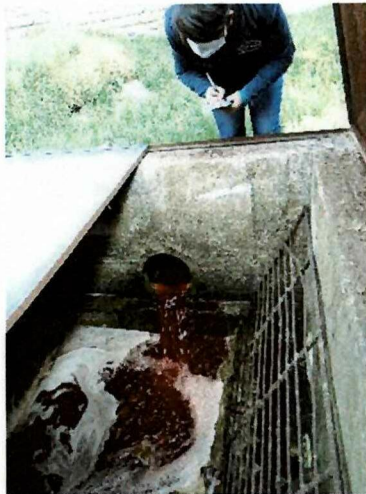
Fotografía 11 y 12. Primer tanque de sedimentación



Fotografía 13 y 14. Segundo tanque de sedimentación



Fotografía 15 y 16. Caja de revisión

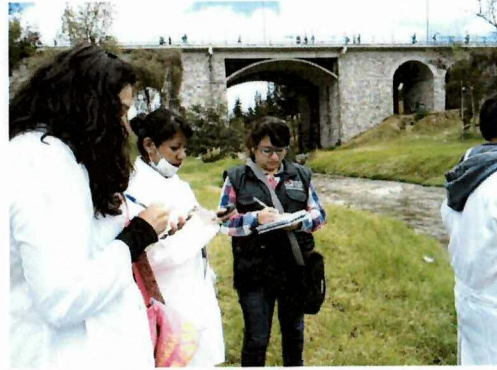


Fotografía 17 y 18. Manejo de vísceras.



15.3. Monitoreo del río Yanayacu

Fotografía 19. Toma de muestras punto 1. Fotografía 20. Toma de coordenadas



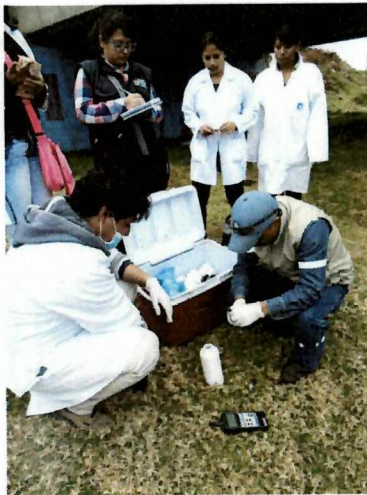
Fotografía 21, 22, 23, 24. Toma de muestras descarga del camal.



Fotografía 25 y 26. Toma de muestras Punto 3.



Fotografía 25 y 26. Toma de muestras Punto 4.



Fotografía 27 y 28. Toma de muestras Punto 5.



Fotografía 29. Embaces para toma de muestras.



Fotografía 30. pH in situ



Fotografía 31. Etiquetado de muestras



15.4. Datos de caudal estación limnométrica Cotopaxi AJ Yanayacu 1990-2013

AÑO	CAUDAL m ³ /seg												SUMA	MEDIA
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE		
1990	3,408	4,008	3,200	7,012	7,402	4,979	2,983	2,835	3,057	10,297	4,671	3,644	57,496	4,791
1991	3,649	4,223	11,089	6,786	7,188	5,463	8,167	5,153	3,252	3,395	8,670	4,975	72,011	6,001
1992	3,270	4,729	6,631	10,819	5,809	4,030	3,352	3,815	4,154	4,823	4,263	3,408	59,103	4,925
1993	4,040	7,301	0,919	19,365	11,476	5,119	5,475	3,086	3,499	5,078	8,866	8,127	82,351	6,863
1994	8,324	9,894	18,520	18,412	11,545	9,222	5,902	7,305	4,247	4,194	8,874	8,528	114,967	9,581
1995	3,586	3,472	4,224	6,055	6,331	3,919	5,032	3,778	2,922	4,873	10,668	6,222	61,082	5,090
1996	5,641	15,920	13,977	15,792	13,067	8,322	6,214	3,887	3,307	6,190	3,159	5,141	100,617	8,385
1997	6,232	8,047	6,180	5,242	7,400	5,003	4,955	3,336	4,122	3,808	14,465	12,105	80,895	6,741
1998	3,806	6,723	6,534	16,695	17,673	17,120	14,417	7,503	5,578	9,563	16,113	5,417	127,142	10,595
1999	10,137	20,554	23,699	22,265	18,039	18,602	10,979	10,155	15,415	15,953	7,023	19,786	192,607	16,051
2000	12,713	21,863	25,952	27,323	49,900	28,926	11,306	8,637	10,936	5,673	3,687	5,532	212,448	17,704
2001	11,126	5,507	9,651	8,280	6,821	10,318	5,538	5,689	5,812	3,499	6,224	7,802	86,267	7,189
2002	6,057	3,356	10,124	8,280	9,811	10,246	4,454	4,608	3,621	8,209	16,247	11,109	96,122	8,010
2003	4,877	5,593	7,313	11,089	9,811	7,094	5,848	4,608	4,147	6,548	9,224	9,816	85,968	7,164
2004	5,419	5,281	6,487	9,857	11,745	10,038	5,084	5,689	4,147	6,153	7,276	10,994	88,170	7,348
2005	5,419	6,074	13,361	11,212	7,053	6,312	5,106	3,898	4,302	5,549	6,069	12,386	86,741	7,228
2006	9,077	12,217	12,621	20,455	9,483	13,531	5,127	4,089	4,302	4,919	14,378	14,830	125,029	10,419
2007	6,695	2,902	7,905	19,083	11,905	16,469	4,903	4,879	3,928	5,117	9,516	9,516	102,818	8,568
2008	8,661	17,693	27,905	28,265	22,062	18,078	11,814	8,003	7,100	19,122	18,753	10,396	197,852	16,488
2009	19,418	16,607	13,633	14,567	11,035	11,334	8,146	4,730	3,821	7,183	5,303	5,925	121,702	10,142
2010	4,262	5,662	5,152	13,031	11,942	13,431	12,263	7,746	5,353	5,775	13,861	15,805	114,283	9,524
2011	13,672	20,729	12,315	37,021	18,737	11,318	16,507	7,607	8,641	8,403	9,265	20,016	184,231	15,353
2012	21,030	23,953	25,344	22,257	15,349	11,318	7,507	7,296	6,829	10,535	12,627	8,082	172,127	14,344
2013	8,064	15,409	13,334	11,594	16,910	13,218	11,270	8,812	8,756	12,040	7,937	8,663	136,007	11,334
SUMA	188,583	247,717	286,070	370,756	318,495	263,410	182,350	137,144	131,248	176,899	227,139	228,225		
MEDIA	7,858	10,322	11,920	15,448	13,271	10,975	7,598	5,714	5,469	7,371	9,464	9,509		

15.5. Datos de precipitación estación agrometeorológica Rumipamba 1977-2015.

AÑO	PRECIPITACIÓN (mm)												SUMA	MEDIA
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE		
1977	70,1	53,1	40,4	67,8	13,5	37,6	9,1	33,8	75,8	37	27,7	76,9	542,8	45,2
1978	5,7	35,9	74,1	69,0	36,7	18,6	34,7	9,3	28,6	11,4	28,2	51,6	403,8	33,7
1979	51,5	19,8	72,9	93,8	52,9	12,7	16,2	41,6	50,0	12,2	34,5	6,2	464,3	38,7
1980	18,2	96,6	50,8	72,2	15,9	19,0	4,5	13,8	46,9	87,4	105,8	41,6	572,7	47,7
1981	8,0	34,9	66,0	39,9	60,3	5,0	19,0	30,3	9,7	38,2	12,3	40,3	363,9	30,3
1982	44,9	76,7	30,9	108,8	118,7	2,8	19,8	26,3	6,4	63,6	80,6	112,5	692,0	57,7
1983	45,2	27,1	81,8	67,7	77,2	8,4	6,2	9,5	26,6	44,4	17,3	99,3	510,7	42,6
1984	59,0	117,3	65,6	99,7	42,9	21,9	12,2	9,5	135,4	44,4	56,7	22,1	686,7	57,2
1985	76,5	8,6	13,6	67,0	70,2	20,8	12,5	21,6	40,7	20,9	69,2	77,2	498,8	41,6
1986	44,1	41,6	70,8	43,5	54,9	23,8	6,5	17,2	34,1	83,3	59,9	31,9	511,6	42,6
1987	54,3	34,1	58,8	98,9	68,3	4,5	23,5	6,8	40,2	57,6	22,5	8,5	478,0	39,8
1988	28,2	85,2	16,3	75,4	45,8	42,8	31,9	34,1	34,6	61,8	103,9	86,6	646,6	53,9
1989	81,7	64,4	121,4	26,1	67,2	88,8	15,9	3,4	36,6	56,8	9,1	12,3	583,7	48,6
1990	28,3	62,5	17,7	41,0	54,2	26,0	11,4	4,5	18,2	139,9	39,3	56,3	499,3	41,6
1991	27,5	23,5	88,3	38,1	32,1	23,2	19,7	10,6	33,6	30,8	91,3	66,3	485,0	40,4
1992	51,3	49,5	34,6	71,2	29,7	16,4	13,7	4,1	42,9	47,3	41,0	65,5	467,2	38,9
1993	105,5	52,9	104,5	61,7	75,2	12,0	13,3	11,5	23,4	58,4	70,7	643,8	53,7	53,7
1994	44,5	73,9	59,4	66,6	23,2	13,8	13,1	27,5	21,6	40,7	89,8	36,6	510,7	42,6
1995	1,8	33,3	46,2	68,7	35,5	11,7	26,1	19,4	4,0	44,6	90,6	63,3	445,2	37,1
1996	48,2	66,8	61,1	59,7	98,4	39,1	14,6	13,1	33,6	71,5	40,6	45,1	591,8	49,3
1997	76,7	20,3	42,8	23,3	27,2	28,7	17,0	6,8	23,8	44,5	151,4	36,9	499,4	41,6
1998	7,6	63,9	68,8	64,2	101,0	29,1	20,7	11,2	8,1	89,1	37,0	60,1	560,8	46,7
1999	50,7	88,6	93,9	54,6	62,6	64,1	9,8	42,7	102,0	29,9	9,3	112,7	720,9	60,1
2000	116,1	127,8	70,5	75,8	136,1	59,4	8,4	16,3	59,2	7,0	18,6	43,8	739,0	61,6
2001	51,9	40,5	39,9	34,8	10,9	18,1	25,0	9,2	17,7	8,6	51,3	75,3	383,2	31,9
2002	36,1	16,8	57,0	125,6	46,7	37,9	8,6	7,9	7,0	62,1	76,0	48,0	529,7	44,1
2003	37,7	65,3	56,2	41,0	7,5	23,5	10,0	1,1	14,2	58,0	85,4	42,1	442,0	36,8
2004	10,9	45,4	30,9	59,9	65,6	5,8	22,9	15,9	21,6	17,8	82,0	56,9	435,6	36,3
2005	10,1	34,2	95,3	82,2	33,9	27,8	14,9	11,7	14,5	25,5	42,8	122,9	515,8	43,0
2006	33,9	45,1	120,0	89,4	22,5	80,3	2,4	15,1	17,7	13,5	150,3	69,2	659,4	55,0
2007	43,9	11,3	78,0	72,6	63,6	35,1	17,5	30,5	8,5	33,4	72,8	39,1	506,3	42,2
2008	79,7	88,9	85,6	132,1	76,7	36,7	20,6	36,5	28,4	155,5	85,0	38,6	864,3	72,0
2009	74,9	41,4	88,6	75,7	21,6	43,3	11,5	1,6	10,7	27,8	17,1	68,3	482,5	40,2
2010	2,8	27,3	35,7	101,8	42,6	40,0	70,7	12,8	41,2	40,8	99,9	78,3	593,9	49,5
2011	40,4	130,0	38,3	149,2	28,3	20,0	41,4	16,8	43,6	21,6	99,9	89,7	719,2	59,9
2012	102,1	65,9	29,1	69,7	15,1	9,6	6,5	13,0	20,5	70,5	70,5	24,6	497,1	41,4
2013	9,6	98,8	36,3	44,0	69,1	4,8	14,0	14,9	6,6	34,4	33,0	27,1	392,6	32,7
2014	86,7	15,1	78,5	61,8	116,8	25,8	8,2	16,9	58,0	46,8	50,2	41,1	605,9	50,5
2015	69,4	23,2	62,9	14,8	33,6	28,7	34,1	8,0	6,0	40,3	70,8	54,6	446,4	37,2
SUMA	1835,7	2107,5	2383,5	2709,3	2054,2	1067,6	688,1	636,8	1252,2	1879,3	2394,3	2184,1		
MEDIA	47,1	54,0	61,1	69,5	52,7	27,4	17,6	16,3	32,1	48,2	61,4	56,0		

15.6. Datos de temperatura estación agrometeorológica Rumipamba 1990-2012.

AÑO	TEMPERATURA (°C)													
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	SUMA	MEDIA
1990	14,8	14,9	14,7	14,7	14,0	13,5	12,8	12,9	13,9	14,3	14,8	14,4	169,7	14,1
1991	14,7	14,8	15,2	14,2	14,5	14,4	13,0	11,8	13,7	13,8	14,6	15,3	170,0	14,2
1992	15,2	14,6	14,8	14,4	14,1	13,5	12,3	13,2	13,6	13,7	14,9	15,1	169,4	14,1
1993	14,4	14,5	13,6	14,3	14,4	13,9	13,1	13,0	14,2	14,2	15,4	15,2	170,2	14,2
1994	14,6	14,3	14,7	14,4	14,4	13,4	12,9	12,2	14,0	14,9	14,5	14,7	169,0	14,1
1995	14,6	15,4	15,2	15,0	14,2	14,4	13,6	13,7	13,7	14,7	14,8	14,3	173,6	14,5
1996	14,2	13,6	14,7	14,6	14,3	13,3	12,5	12,8	13,8	14,7	15,1	14,8	168,4	14,0
1997	14,4	14,3	15,2	14,4	14,5	14,5	12,6	13,0	14,2	15,3	14,9	15,1	172,4	14,4
1998	15,3	15,7	15,7	15,7	14,6	13,5	12,9	13,7	14,1	14,4	15,5	14,9	176,0	14,7
1999	14,7	13,9	14,4	13,9	13,6	13,4	12,6	12,8	13,2	13,7	15,2	14,5	165,9	13,8
2000	13,9	13,3	13,6	13,8	13,6	13,2	12,9	12,4	13,2	14,1	15,1	14,3	163,4	13,6
2001	13,6	14,2	13,9	14,2	14,1	13,1	13,1	12,5	13,6	15,4	15,0	15,4	168,1	14,0
2002	14,6	15,0	14,7	14,7	14,5	12,9	13,7	12,9	13,8	14,2	13,8	15,1	169,9	14,2
2003	15,0	14,8	14,6	14,6	14,4	13,4	13,4	13,8	14,2	15,2	14,7	14,4	172,5	14,4
2004	15,2	14,3	14,9	14,4	14,2	13,2	13,1	12,6	13,6	15,1	15,2	15,0	170,8	14,2
2005	14,9	15,3	14,3	14,7	14,5	13,8	13,3	13,5	13,9	14,7	14,8	14,1	171,8	14,3
2006	14,7	14,8	14,0	14,4	14,0	13,1	12,9	13,0	13,2	15,0	14,5	14,6	168,2	14,0
2007	14,7	14,4	14,2	14,3	14,4	12,9	13,2	12,8	12,5	14,3	14,4	14,1	166,2	13,9
2008	14,2	13,7	13,8	14,0	13,7	13,4	12,7	12,8	13,4	13,8	14,6	14,3	164,4	13,7
2009	14,0	14,2	15,0	14,5	14,4	13,6	13,3	13,8	13,8	15,1	15,5	15,4	172,6	14,4
2010	14,6	15,4	15,2	15,2	15,1	13,5	13,4	12,6	13,3	14,8	14,5	14,0	171,6	14,3
2011	14,3	14,5	14,4	14,3	14,1	13,8	12,7	13,3	13,2	14,8	14,5	14,1	168,0	14,0
2012	14,1	13,5	14,0	14,2	13,6	13,5	13,2	12,9	12,8	14,6	14,5	14,4	165,3	13,8
SUMA	334,7	333,4	334,8	332,9	327,2	311,2	299,2	298,0	312,9	334,8	340,8	337,5		
MEDIA	14,6	14,5	14,6	14,5	14,2	13,5	13,0	13,0	13,6	14,6	14,8	14,7		

15.7. Datos de heliofanía estación agrometeorológica Rumipamba 1990-2012.

AÑO	HELIOFANÍA (En Horas)													
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	SUMA	MEDIA
1990	190,5	165,8	174,6	129,1	129,3	154,5	183,6	133,7	181,4	162,3	184,7	174,3	1963,8	163,7
1991	179,0	155,8	161,4	156,0	165,1	175,8	140,2	111,8	145,3	183,1	147,5	212,6	1933,6	161,1
1992	221,2	173,6	134,5	127,7	139,4	136,2	143,8	144,2	155,9	162,2	199,3	182,4	1920,4	160,0
1993	180,8	124,8	107,2	111,2	152,5	168,1	188,4	180,1	150,0	163,1	171,3	166,4	1863,9	155,3
1994	155,9	130,9	136,8	124,0	134,3	154,5	146,7	142,7	149,8	195,7	151,2	169,5	1792,0	149,3
1995	180,3	193,8	188,5	135,4	139,9	169,6	176,2	198,4	135,1	152,1	154,7	169,5	1993,5	166,1
1996	127,0	115,1	121,4	150,6	145,6	135,2	170,3	139,8	162,5	171,6	234,2	188,1	1861,4	155,1
1997	173,8	138,8	156,6	143,7	124,7	172,3	142,1	149,5	160,7	173,2	102,5	154,9	1792,8	149,4
1998	142,5	118,9	117,0	123,6	138,9	127,9	146,0	172,7	192,1	147,4	202,6	221,3	1850,9	154,2
1999	134,0	76,9	129,8	145,0	121,9	111,0	150,9	177,8	127,0	137,5	197,8	125,6	1635,2	136,3
2000	164,9	132,2	105,4	121,4	111,2	140,9	153,9	130,1	151,4	182,9	205,6	172,5	1772,4	147,7
2001	159,6	146,4	122,8	119,9	118,9	163,3	169,1	142,1	142,1	207,7	150,7	172,4	1815,0	151,3
2002	181,0	149,3	112,5	130,0	122,8	142,7	170,9	145,6	154,8	136,7	126,9	160,1	1733,3	144,4
2003	173,8	150,0	117,6	133,6	132,8	106,1	150,4	132,3	139,5	164,9	130,8	147,9	1679,7	140,0
2004	249,9	137	123,8	128,1	158,5	132,6	147,6	176,0	120,8	165,4	159,7	199,8	1899,2	158,3
2005	187,1	133,6	90,4	122,4	148,5	131,5	197,5	162,0	152,2	131,3	172,0	134,4	1762,9	146,9
2006	150,9	124,9	116,9	123,0	170,6	139,2	194,8	156,1	159,3	192,5	144,3	136,8	1809,3	150,8
2007	147,7	174,8	114,7	100,8	150,6	115,5	193,5	155,7	92,7	149,7	149,5	141,0	1686,2	140,5
2008	152,1	126,4	101,2	115,3	129,4	168,9	145,5	144,7	144,1	150,6	153,8	157,9	1689,9	140,8
2009	115,9	101,1	160,5	126,3	184,0	142,5	167,4	179,2	159,5	169,7	186,3	194,2	1886,6	157,2
2010	183,5	124,1	148,8	124,1	148,8	121,5	183,3	140,8	148,0	155,2	127,6	127,3	1733,0	144,4
2011	174,4	115,7	140,3	124,9	140,0	142,4	118,3	174,8	126,4	169,6	156,8	134,4	1718,0	143,2
2012	133,6	102,5	134,2	120,1	125,9	168,1	176,0	161,4	149,3	128,4	139,3	164,5	1703,3	141,9
SUMA	3859,4	3112,4	3016,9	2936,2	3233,6	3320,3	3756,4	3551,5	3399,9	3752,8	3749,1	3807,8		
MEDIA	167,8	135,3	131,2	127,7	140,6	144,4	163,3	154,4	147,8	163,2	163,0	165,6		

15.7. Datos de evaporación estación agrometeorológica Rumipamba 1990-2012.

AÑO	EVAPORACIÓN (mm)												SUMA	MEDIA
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE		
1990	150,3	134,8	147,6	111,6	102,7	115,5	142,4	118,3	150,7	117,8	140,0	140,7	1572,4	131,0
1991	145,1	134,2	127,5	124,1	131,2	119,4	110,8	99,8	122,3	135,0	113,5	140,1	1503,0	125,3
1992	148,1	124,3	117,0	98,0	91,4	113,5	114,5	136,6	121,1	140,4	142,0	132,3	1479,2	123,3
1993	121,5	113,2	91,6	100,2	101,1	124,1	124,9	140,2	136,8	135,4	135,9	138,7	1463,6	122,0
1994	134,4	109	126,3	100,2	112,9	121,4	123,8	121,8	138,3	161,4	117,6	123,9	1491,0	124,3
1995	148,2	145,4	149,0	112,1	99,4	127,1	124,2	151,7	123,3	124,7	118,7	128,7	1552,5	129,4
1996	122,6	95,0	109,6	118,0	108,7	89,9	109,0	109,7	135,7	131,2	168,5	136,8	1434,7	119,6
1997	125,7	108,7	138,7	113,0	109,5	131	113,7	117,8	131,1	144,2	94,8	126,2	1454,4	121,2
1998	121,5	111,2	116,1	111,5	96,1	94,8	95,9	121,5	144,8	125,4	147,7	152,9	1439,4	120,0
1999	111,7	75,2	99,3	93,3	84,2	79,0	100,7	119,6	94,5	115,5	146,5	100,8	1220,3	101,7
2000	121,8	109,0	102,6	101,9	83,7	95,6	118,1	111,6	119,6	163,8	178,3	138,6	1444,6	120,4
2001	137,2	134,1	125,4	121,8	112,6	119	123,4	125,2	132,6	193,5	147,0	136,3	1608,1	134,0
2002	139,1	135,7	125,4	125,4	122,5	113	134,7	120,7	147,2	125,9	112,2	135,4	1537,2	128,1
2003	145,8	130,7	120,2	118,1	130,2	103,2	136,9	138,3	138,9	158,1	115,5	122,0	1557,9	129,8
2004	181,3	125,9	137,0	109,2	109,3	100,2	119,7	130,0	118,9	146,3	131,1	143,6	1552,5	129,4
2005	147,4	121,9	98,4	108,4	116,7	107,5	135,2	115,6	120,1	132,4	133,4	96,9	1433,9	119,5
2006	124,5	108,8	113,6	103,8	121,9	102,3	115,3	118,7	122,4	133,5	123,9	106,9	1395,6	116,3
2007	115,7	131,3	123,1	35,9	106,6	89,6	129,7	116,4	94,6	132,9	123,6	105,8	1305,2	108,8
2008	118,3	104,5	108,9	99,6	95,3	100,5	101,2	106,4	122,3	118,2	118,2	110,7	1304,1	108,7
2009	96,9	88,3	135,5	104,2	111,8	97,0	106,3	118,1	137,3	142,1	152,5	137,3	1427,3	118,9
2010	136,5	109,2	126,4	110,4	110,7	91,1	103,9	101,5	113,3	127,0	109,0	88,1	1327,1	110,6
2011	125,8	99,2	117,5	101,2	102,9	103,5	86,9	115,0	103,7	151,3	134,7	100,4	1342,1	111,8
2012	104,4	82,3	118,3	95,7	104,4	111,3	116	119,8	112,4	122,1	113,5	116,5	1316,7	109,7
SUMA	3023,8	2631,9	2775,0	2417,6	2465,8	2449,5	2687,2	2774,3	2881,9	3178,1	3018,1	2859,6		
MEDIA	131,5	114,4	120,7	105,1	107,2	106,5	116,8	120,6	125,3	138,2	131,2	124,3		



**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO :
SERVICIOS DE LABORATORIO**

Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias)
RIOBAMBA - ECUADOR
Telefax: (03) 3013183



**Acreditación N° OAE LE 2C 06-008
LABORATORIO DE ENSAYOS**

INFORME DE ENSAYO No: 1144
ST: 576- 16 ANÁLISIS DE AGUAS
Nombre Peticionario: GAD MUNICIPAL LATACUNGA
Atn. GAD MUNICIPAL LATACUNGA
Dirección: Quijano y Ordoñez
Latacunga - Cotopaxi

FECHA: 30 de Septiembre del 2016
NUMERO DE MUESTRAS: 1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2016/09/21 - 07:00
FECHA DE MUESTREO: 2016/09/20 - 10:20
FECHA DE ANÁLISIS: 2016/09/21 - 2016/09/30
TIPO DE MUESTRA: Agua natural
CÓDIGO CESTTA: LAB-A 985-16
CÓDIGO DE LA EMPRESA: A-5
PUNTO DE MUESTREO: Aguas arriba Rio Yanayacu-Camal Municipal (CM05)
17N 767306/9898279

ANÁLISIS SOLICITADO: Físico - Químico - Microbiológico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Ing. Milton Acan
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.:25,0 °C. T mín.: 15,0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)	
					Tabla 3	Tabla 9
Temperatura	PEE/CESTTA/04 Standard Method No 2550 B	°C	16,2	±3%	-	Condicion natural ±3
Grasas y Aceites	PEE/CESTTA/233 EPA 1664 Revision A, 1999	mg/L	<0,3	±34%	Ausencia	30,0
Turbidez	PEE/CESTTA/43 EPA 180.1	UNT	81,6	±8%	-	-
Dureza total	PEE/CESTTA/40 Standard Methods No. APHA 2340 C	mg/L	283	±10%	-	-
Sólidos Suspendidos	PEE/CESTTA/13 Standard Methods No. 2540 D	mg/L	132	±13%	-	130
*Sólidos Sedimentables	PEE/CESTTA/56 Standard Methods No. 2540 F	mL/L	0,6	-	-	-
Color	PEE/CESTTA/61 Standard Methods Ed. 22.2012 2120 C	Pt/Co	28,95	±6%	-	Inapreciable en dilución: 1/20
Fosforo total	PEE/CESTTA/ 21 Standard Methods No. 4500-P B5/APHA 4500-PC	mg/L	<1,7	±23%	-	10,0



**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO :
SERVICIOS DE LABORATORIO**

**Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias)
RIOBAMBA - ECUADOR
Telefax: (03) 3013183**



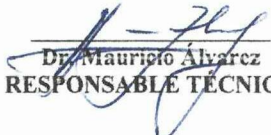
**Acreditación N° OAE LE 2C 06-008
LABORATORIO DE ENSAYOS**

Nitrógeno Total Kjeldahl	PEE/CESTTA/210 Standard Methods No. 4500-Norg C	mg/L	<4	±16%	-	50,0
Tensoactivos	PEE/CESTTA/44 Standard Methods No. 5540 C	mg/L	<0,05	±24%	-	0,5
Conductividad eléctrica	PEE/CESTTA/06 Standard Method No. 2510 B	µS/cm	782	±8%	-	-
*Oxígeno disuelto	PEE/CESTTA/45 Standard Methods No. 4500 - O G	mg/L	6,8	-	3	-
Potencial Hidrógeno	PEE/CESTTA/05 Standard Method No. 4500-H ⁺ B	Unidades de pH	7,72	±0,2	6-9	6-9
Demanda Química de Oxígeno	PEE/CESTTA/09 Standard Methods No. 5220 D	mg/L	33	±13%	-	200
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5días)	PEE/CESTTA/46 Standard Methods No. 5210 B	mg/L	14	±32%	-	100
Coliformes Totales	PEE/CESTTA/229 Standard Methods No. 9221 B / 9221 C	NMP/100 mL	6300	±19%	-	-
Coliformes Fecales	PEE/CESTTA/230 Standard Methods No. 9221E/ 9221C	NMP/100 mL	1700	±20%	1000	2000

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- Los parámetros marcados con (*) se encuentran fuera del alcance de acreditación del SAE.
- La columna marcada con (■) corresponde a los Límites máximos permitidos indicados en la Tabla 3: Criterios de calidad de aguas para riego agrícola y en la Tabla 9: Límites de descarga a un cuerpo agua dulce. Solicitados por el cliente.

RESPONSABLE DEL INFORME:


Dr. Mauricio Alvarez
RESPONSABLE TÉCNICO





**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO :
SERVICIOS DE LABORATORIO**

Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias)
RIOBAMBA - ECUADOR
Telefax: (03) 3013183



**Acreditación N° OAE LE 2C 06-008
LABORATORIO DE ENSAYOS**

INFORME DE ENSAYO No: 1144
ST: 576- 16 ANÁLISIS DE AGUAS
Nombre Peticionario: GAD MUNICIPAL LATACUNGA
Atn. GAD MUNICIPAL LATACUNGA
Dirección: Quijano y Ordoñez
 Latacunga - Cotopaxi

FECHA: 30 de Septiembre del 2016
NUMERO DE MUESTRAS: 1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2016/09/21 - 07:00
FECHA DE MUESTREO: 2016/09/20 - 09:40
FECHA DE ANÁLISIS: 2016/09/21 - 2016/09/30
TIPO DE MUESTRA: Agua residual
CÓDIGO CESTTA: LAB-A 981-16
CÓDIGO DE LA EMPRESA: A-1
PUNTO DE MUESTREO: Descarga camal municipal (CM01) 17N 767208/9898238
ANÁLISIS SOLICITADO: Físico - Químico - Microbiológico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Ing. Milton Acan
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.:25,0 °C. T min.: 15,0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)	
					Tabla 3	Tabla 9
Temperatura	PEE/CESTTA/04 Standard Method No 2550 B	°C	15,3	±3%	-	Condicion natural ±3
Grasas y Aceites	PEE/CESTTA/233 EPA 1664 Revision A, 1999	mg/L	3,28	±27%	Ausencia	30,0
Turbidez	PEE/CESTTA/43 EPA 180.1	UNT	91,3	±8%	-	-
Dureza total	PEE/CESTTA/40 Standard Methods No. APHA 2340 C	mg/L	570	±10%	-	-
Sólidos Suspendidos	PEE/CESTTA/13 Standard Methods No. 2540 D	mg/L	70	±20%	-	130
*Sólidos Sedimentables	PEE/CESTTA/56 Standard Methods No. 2540 F	mL/L	3	-	-	-
Color	PEE/CESTTA/61 Standard Methods Ed. 22.2012 2120 C	Pt/Co	472,21	±4%	-	Inapreciable en dilución: 1/20
Fosforo total	PEE/CESTTA/ 21 Standard Methods No. 4500-P B5/APHA 4500-PC	mg/L	<1,7	±23%	-	10,0



**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO :
SERVICIOS DE LABORATORIO**

Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias)
RIOBAMBA - ECUADOR
Telefax: (03) 3013183



Servicio de
Acreditación
Ecuatoriano

**Acreditación N° OAE LE 2C 06-008
LABORATORIO DE ENSAYOS**

Nitrógeno Total Kjeldahl	PEE/CESTTA/210 Standard Methods No. 4500-Norg C	mg/L	94,35	±6%	-	50,0
Tensoactivos	PEE/CESTTA/44 Standard Methods No. 5540 C	mg/L	0,058	±24%	-	0,5
Conductividad eléctrica	PEE/CESTTA/06 Standard Method No. 2510 B	µS/cm	1424	±8%	-	-
*Oxígeno disuelto	PEE/CESTTA/45 Standard Methods No. 4500 - O G	mg/L	0	-	3	-
Potencial Hidrógeno	PEE/CESTTA/05 Standard Method No. 4500-H ⁺ B	Unidades de pH	6,97	±0,2	6-9	6-9
Demanda Química de Oxígeno	PEE/CESTTA/09 Standard Methods No. 5220 D	mg/L	797	±7%	-	200
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5días)	PEE/CESTTA/46 Standard Methods No. 5210 B	mg/L	400	±15%	-	100
Coliformes Totales	PEE/CESTTA/229 Standard Methods No. 9221 B / 9221 C	NMP/100 mL	>16000000	±19%	-	-
Coliformes Fecales	PEE/CESTTA/230 Standard Methods No. 9221E/ 9221C	NMP/100 mL	>16000000	±20%	1000	2000

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- Los parámetros marcados con (*) se encuentran fuera del alcance de acreditación del SAE.
- La columna marcada con (■) corresponde a los Límites máximos permitidos indicados en la Tabla 3: Criterios de calidad de aguas para riego agrícola y en la Tabla 9: Límites de descarga a un cuerpo agua dulce. Solicitados por el cliente.

RESPONSABLE DEL INFORME:

Mauricio Alvarez
Dr. Mauricio Alvarez
RESPONSABLE TÉCNICO





**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO :
SERVICIOS DE LABORATORIO**

Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias)
RIOBAMBA - ECUADOR
Telefax: (03) 3013183



**Acreditación N° OAE LE 2C 06-008
LABORATORIO DE ENSAYOS**

INFORME DE ENSAYO No:

1144

ST:

576-16 ANÁLISIS DE AGUAS

Nombre Peticionario:

GAD MUNICIPAL LATACUNGA

Atn.

GAD MUNICIPAL LATACUNGA

Dirección:

Quijano y Ordoñez
Latacunga - Cotopaxi

FECHA:

30 de Septiembre del 2016

NUMERO DE MUESTRAS:

1

FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:

2016/09/21 - 07:00

FECHA DE MUESTREO:

2016/09/20 - 09:45

FECHA DE ANÁLISIS:

2016/09/21 - 2016/09/30

TIPO DE MUESTRA:

Agua natural

CÓDIGO CESTTA:

LAB-A 982-16

CÓDIGO DE LA EMPRESA:

A-2

PUNTO DE MUESTREO:

Rio Yanayacu-Camal Municipal (CM02) 17N 767209/9898239

ANÁLISIS SOLICITADO:

Físico - Químico - Microbiológico

PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:

Ing. Milton Acan

CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:

T máx.: 25,0 °C. T mín.: 15,0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)	
					Tabla 3	Tabla 9
Temperatura	PEE/CESTTA/04 Standard Method No 2550 B	°C	16,2	±3%	-	Condicion natural ±3
Grasas y Aceites	PEE/CESTTA/233 EPA 1664 Revision A, 1999	mg/L	<0,3	±34%	Ausencia	30,0
Turbidez	PEE/CESTTA/43 EPA 180.1	UNT	78,4	±8%	-	-
Dureza total	PEE/CESTTA/40 Standard Methods No. APHA 2340 C	mg/L	354	±10%	-	-
Sólidos Suspendidos	PEE/CESTTA/13 Standard Methods No. 2540 D	mg/L	114	±13%	-	130
*Sólidos Sedimentables	PEE/CESTTA/56 Standard Methods No. 2540 F	mL/L	0,8	-	-	-
Color	PEE/CESTTA/61 Standard Methods Ed. 22.2012 2120 C	Pt/Co	40,56	±4%	-	Inapreciable en dilución: 1/20
Fosforo total	PEE/CESTTA/ 21 Standard Methods No. 4500-P B5/APHA 4500-PC	mg/L	<1,7	±23%	-	10,0



**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO :
SERVICIOS DE LABORATORIO**

**Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias)
RIOBAMBA - ECUADOR
Telefax: (03) 3013183**




**Acreditación N° OAE LE 2C 06-008
LABORATORIO DE ENSAYOS**

Nitrógeno Total Kjeldahl	PEE/CESTTA/210 Standard Methods No. 4500-Norg C	mg/L	6,05	±13%	-	50,0
Tensoactivos	PEE/CESTTA/44 Standard Methods No. 5540 C	mg/L	<0,05	±24%	-	0,5
Conductividad eléctrica	PEE/CESTTA/06 Standard Method No. 2510 B	µS/cm	904	±8%	-	-
*Oxígeno disuelto	PEE/CESTTA/45 Standard Methods No. 4500 - O G	mg/L	3,8	-	3	-
Potencial Hidrógeno	PEE/CESTTA/05 Standard Method No. 4500-H ⁺ B	Unidades de pH	7,50	±0,2	6-9	6-9
Demanda Química de Oxígeno	PEE/CESTTA/09 Standard Methods No. 5220 D	mg/L	56	±12%	-	200
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	PEE/CESTTA/46 Standard Methods No. 5210 B	mg/L	25	±23%	-	100
Coliformes Totales	PEE/CESTTA/229 Standard Methods No. 9221 B / 9221 C	NMP/100 mL	28000	±19%	-	-
Coliformes Fecales	PEE/CESTTA/230 Standard Methods No. 9221E/ 9221C	NMP/100 mL	12000	±20%	1000	2000

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- Los parámetros marcados con (*) se encuentran fuera del alcance de acreditación del SAE.
- La columna marcada con (■) corresponde a los Límites máximos permitidos indicados en la Tabla 3: Criterios de calidad de aguas para riego agrícola y en la Tabla 9: Límites de descarga a un cuerpo agua dulce. Solicitados por el cliente.

RESPONSABLE DEL INFORME:


Dr. Mauricio Álvarez
RESPONSABLE TÉCNICO





**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO :
SERVICIOS DE LABORATORIO**

Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias)
RIOBAMBA - ECUADOR
Telefax: (03) 3013183



**Acreditación N° OAE LE 2C 06-008
LABORATORIO DE ENSAYOS**

INFORME DE ENSAYO No: 1144
ST: 576- 16 ANÁLISIS DE AGUAS
Nombre Peticionario: GAD MUNICIPAL LATACUNGA
Atn. GAD MUNICIPAL LATACUNGA
Dirección: Quijano y Ordoñez
 Latacunga - Cotopaxi

FECHA: 30 de Septiembre del 2016
NUMERO DE MUESTRAS: 1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2016/09/21 – 07:00
FECHA DE MUESTREO: 2016/09/20 – 09:55
FECHA DE ANÁLISIS: 2016/09/21 – 2016/09/30
TIPO DE MUESTRA: Agua natural
CÓDIGO CESTTA: LAB-A 983-16
CÓDIGO DE LA EMPRESA: A-3
PUNTO DE MUESTREO: Aguas abajo rio Yanayacu-Camal Municipal (CM03)
 17N 767209/9898239

ANALISIS SOLICITADO: Físico - Químico - Microbiológico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Ing. Milton Acan
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.:25,0 °C. T mín.: 15,0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)	
					Tabla 3	Tabla 9
Temperatura	PEE/CESTTA/04 Standard Method No 2550 B	°C	16,4	±3%	-	Condicion natural ±3
Grasas y Aceites	PEE/CESTTA/233 EPA 1664 Revision A, 1999	mg/L	<0,3	±34%	Ausencia	30,0
Turbidez	PEE/CESTTA/43 EPA 180.1	UNT	61,4	±8%	-	-
Dureza total	PEE/CESTTA/40 Standard Methods No. APHA 2340 C	mg/L	330	±10%	-	-
Sólidos Suspendidos	PEE/CESTTA/13 Standard Methods No. 2540 D	mg/L	148	±13%	-	130
*Sólidos Sedimentables	PEE/CESTTA/56 Standard Methods No. 2540 F	mL/L	1	-	-	-
Color	PEE/CESTTA/61 Standard Methods Ed. 22.2012 2120 C	Pt/Co	36,41	±5%	-	Inapreciable en dilución: 1/20
Fosforo total	PEE/CESTTA/ 21 Standard Methods No. 4500-P B5/APHA 4500-PC	mg/L	<1,7	±23%	-	10,0



**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO :
SERVICIOS DE LABORATORIO**

Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias)
RIOBAMBA - ECUADOR
Telefax: (03) 3013183



Servicio de
Acreditación
Ecuatoriano

**Acreditación N° OAE LE 2C 06-008
LABORATORIO DE ENSAYOS**

Nitrógeno Total Kjeldahl	PEE/CESTTA/210 Standard Methods No. 4500-Norg C	mg/L	5,56	±14%	-	50,0
Tensoactivos	PEE/CESTTA/44 Standard Methods No. 5540 C	mg/L	<0,05	±24%	-	0,5
Conductividad eléctrica	PEE/CESTTA/06 Standard Method No. 2510 B	µS/cm	923	±8%	-	-
*Oxígeno disuelto	PEE/CESTTA/45 Standard Methods No. 4500 - O G	mg/L	4,6	-	3	-
Potencial Hidrógeno	PEE/CESTTA/05 Standard Method No. 4500-H ⁺ B	Unidades de pH	7,46	±0,2	6-9	6-9
Demanda Química de Oxígeno	PEE/CESTTA/09 Standard Methods No. 5220 D	mg/L	37	±13%	-	200
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5días)	PEE/CESTTA/46 Standard Methods No. 5210 B	mg/L	16	±32%	-	100
Coliformes Totales	PEE/CESTTA/229 Standard Methods No. 9221 B / 9221 C	NMP/100 mL	24000	±19%	-	-
Coliformes Fecales	PEE/CESTTA/230 Standard Methods No. 9221E/ 9221C	NMP/100 mL	14000	±20%	1000	2000

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- Los parámetros marcados con (*) se encuentran fuera del alcance de acreditación del SAE.
- La columna marcada con (■) corresponde a los Límites máximos permitidos indicados en la Tabla 3: Criterios de calidad de aguas para riego agrícola y en la Tabla 9: Límites de descarga a un cuerpo agua dulce. Solicitados por el cliente.

RESPONSABLE DEL INFORME:

Dr. Mauricio Alvarez
RESPONSABLE TÉCNICO





**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO :
SERVICIOS DE LABORATORIO**

Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias)
RIOBAMBA - ECUADOR
Telefax: (03) 3013183



Servicio de
Acreditación
Ecuatoriano

**Acreditación N° OAE LE 2C 06-008
LABORATORIO DE ENSAYOS**

INFORME DE ENSAYO No: 1144
ST: 576- 16 ANÁLISIS DE AGUAS
Nombre Peticionario: GAD MUNICIPAL LATACUNGA
Atn. GAD MUNICIPAL LATACUNGA
Dirección: Quijano y Ordoñez
Latacunga - Cotopaxi

FECHA: 30 de Septiembre del 2016
NUMERO DE MUESTRAS: 1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2016/09/21 - 07:00
FECHA DE MUESTREO: 2016/09/20 - 10:05
FECHA DE ANÁLISIS: 2016/09/21 - 2016/09/30
TIPO DE MUESTRA: Agua natural
CÓDIGO CESTTA: LAB-A 984-16
CÓDIGO DE LA EMPRESA: A-4
PUNTO DE MUESTREO: Aguas abajo rio Yanayacu- Camal Municipal (CM04)
17N 767126/9998130

ANALISIS SOLICITADO: Físico - Químico - Microbiológico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Ing. Milton Acan
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.:25,0 °C. T min.: 15,0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)	
					Tabla 3	Tabla 9
Temperatura	PEE/CESTTA/04 Standard Method No 2550 B	°C	16,7	±3%	-	Condicion natural ±3
Grasas y Aceites	PEE/CESTTA/233 EPA 1664 Revision A. 1999	mg/L	<0,3	±34%	Ausencia	30,0
Turbidez	PEE/CESTTA/43 EPA 180.1	UNT	74,8	±8%	-	-
Dureza total	PEE/CESTTA/40 Standard Methods No. APHA 2340 C	mg/L	354	±10%	-	-
Sólidos Suspendidos	PEE/CESTTA/13 Standard Methods No. 2540 D	mg/L	122	±13%	-	130
*Sólidos Sedimentables	PEE/CESTTA/56 Standard Methods No. 2540 F	mL/L	i	-	-	-
Color	PEE/CESTTA/61 Standard Methods Ed. 22.2012 2120 C	Pt/Co	23,61	±8%	-	Inapreciable en dilución: 1/20
Fosforo total	PEE/CESTTA/ 21 Standard Methods No. 4500-P B5/APHA 4500-PC	mg/L	<1,7	±23%	-	10,0



**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO :
SERVICIOS DE LABORATORIO**

Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias)
RIOBAMBA - ECUADOR
Telefax: (03) 3013183



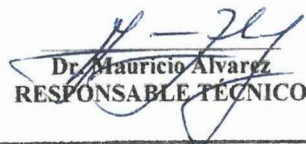
**Acreditación N° OAE LE 2C 06-008
LABORATORIO DE ENSAYOS**

Nitrógeno Total Kjeldahl	PEE/CESTTA/210 Standard Methods No. 4500-Norg C	mg/L	<4	±16%	-	50,0
Tensoactivos	PEE/CESTTA/44 Standard Methods No. 5540 C	mg/L	<0,05	±24%	-	0,5
Conductividad eléctrica	PEE/CESTTA/06 Standard Method No. 2510 B	µS/cm	1046	±8%	-	-
*Oxígeno disuelto	PEE/CESTTA/45 Standard Methods No. 4500 - O G	mg/L	4,8	-	3	-
Potencial Hidrógeno	PEE/CESTTA/05 Standard Method No. 4500-H ⁺ B	Unidades de pH	8,06	±0,2	6-9	6-9
Demanda Química de Oxígeno	PEE/CESTTA/09 Standard Methods No. 5220 D	mg/L	38	±13%	-	200
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5días)	PEE/CESTTA/46 Standard Methods No. 5210 B	mg/L	12	±32%	-	100
Coliformes Totales	PEE/CESTTA/229 Standard Methods No. 9221 B / 9221 C	NMP/100 mL	350000	±19%	-	-
Coliformes Fecales	PEE/CESTTA/230 Standard Methods No. 9221E/ 9221C	NMP/100 mL	24000	±20%	1000	2000

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- Los parámetros marcados con (*) se encuentran fuera del alcance de acreditación del SAE.
- La columna marcada con (■) corresponde a los Límites máximos permitidos indicados en la Tabla 3: Criterios de calidad de aguas para riego agrícola y en la Tabla 9: Límites de descarga a un cuerpo agua dulce. Solicitados por el cliente.

RESPONSABLE DEL INFORME:


Dr. Mauricio Alvarez
RESPONSABLE TÉCNICO





**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO :
SERVICIOS DE LABORATORIO**

Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias)
RIOBAMBA - ECUADOR
Telefax: (03) 3013183



**Acreditación N° OAE LE 2C 06-008
LABORATORIO DE ENSAYOS**

INFORME DE ENSAYO No: 1144
ST: 576- 16 ANÁLISIS DE AGUAS
Nombre Peticionario: GAD MUNICIPAL LATACUNGA
Atn. GAD MUNICIPAL LATACUNGA
Dirección: Quijano y Ordoñez
 Latacunga - Cotopaxi

FECHA: 30 de Septiembre del 2016
NUMERO DE MUESTRAS: 1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2016/09/21 – 07:00
FECHA DE MUESTREO: 2016/09/20 – 13:30
FECHA DE ANÁLISIS: 2016/09/21 – 2016/09/30
TIPO DE MUESTRA: Agua natural
CÓDIGO CESTTA: LAB-A 992-16
CÓDIGO DE LA EMPRESA: A-12
PUNTO DE MUESTREO: Aguas Abajo Rio Yanayacu –Camal Municipal (CM06)
 17N 764955/9896568

ANALISIS SOLICITADO: Físico - Químico - Microbiológico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Ing. Milton Acan
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.:25,0 °C. T min.: 15,0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)	
					Tabla 3	Tabla 9
Temperatura	PEE/CESTTA/04 Standard Method No 2550 B	°C	17,8	±3%	-	Condicion natural ±3
Grasas y Aceites	PEE/CESTTA/233 EPA 1664 Revision A. 1999	mg/L	<0,3	±34%	Ausencia	30,0
Turbidez	PEE/CESTTA/43 EPA 180.1	UNT	8,79	±8%	-	-
Dureza total	PEE/CESTTA/40 Standard Methods No. APHA 2340 C	mg/L	431	±10%	-	-
Sólidos Suspendidos	PEE/CESTTA/13 Standard Methods No. 2540 D	mg/L	<50	±20%	-	130
*Sólidos Sedimentables	PEE/CESTTA/56 Standard Methods No. 2540 F	mL/L	1,5	-	-	-
Color	PEE/CESTTA/61 Standard Methods Ed. 22.2012 2120 C	Pt/Co	60,38	±4%	-	Inapreciable en dilución: 1/20
Fosforo total	PEE/CESTTA/ 21 Standard Methods No. 4500-P B5/APHA 4500-PC	mg/L	<1,7	±23%	-	10,0



**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO :
SERVICIOS DE LABORATORIO**

Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias)
RIOBAMBA - ECUADOR
Telefax: (03) 3013183



Servicio de
Acreditación
Ecuatoriano

**Acreditación N° OAE LE 2C 06-008
LABORATORIO DE ENSAYOS**

Nitrógeno Total Kjeldahl	PEE/CESTTA/210 Standard Methods No. 4500-Norg C	mg/L	<4	±16%	-	50,0
Tensoactivos	PEE/CESTTA/44 Standard Methods No. 5540 C	mg/L	<0,05	±24%	-	0,5
Conductividad eléctrica	PEE/CESTTA/06 Standard Method No. 2510 B	µS/cm	879	±8%	-	-
*Oxígeno disuelto	PEE/CESTTA/45 Standard Methods No. 4500 - O G	mg/L	6,6	-	3	-
Potencial Hidrógeno	PEE/CESTTA/05 Standard Method No. 4500-H ⁺ B	Unidades de pH	7,67	±0,2	6-9	6-9
Demanda Química de Oxígeno	PEE/CESTTA/09 Standard Methods No. 5220 D	mg/L	36	±13%	-	200
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5días)	PEE/CESTTA/46 Standard Methods No. 5210 B	mg/L	15	+32%	-	100
Coliformes Totales	PEE/CESTTA/229 Standard Methods No. 9221 B / 9221 C	NMP/100 mL	11000	±19%	-	-
Coliformes Fecales	PEE/CESTTA/230 Standard Methods No. 9221E/ 9221C	NMP/100 mL	2200	±20%	1000	2000

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- Los parámetros marcados con (*) se encuentran fuera del alcance de acreditación del SAE.
- La columna marcada con (■) corresponde a los Límites máximos permitidos indicados en la Tabla 3: Criterios de calidad de aguas para riego agrícola y en la Tabla 9: Límites de descarga a un cuerpo agua dulce. Solicitados por el cliente.

RESPONSABLE DEL INFORME:


Dr. Mauricio Alvarez
RESPONSABLE TÉCNICO

