

UNIVERSIDAD DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍA



**PROGRAMA PARA EL MANEJO DEL AGUA Y
DEL SUELO**



**“DETERMINACIÓN DE CONTAMINACIÓN DIFUSA
EN LA CUENCA DEL RÍO TOMEBAMBA EN
MONAY”**

Trabajo de tesis desarrollado en cumplimiento de los requisitos para
obtener el grado académico de Máster en Ciencias (M.Sc) en
Manejo y Conservación del Agua y del Suelo

Autor:

Ing. Diego Mauricio Vintimilla Palacios
C. C. 0103415493

Director:

Ing. Felipe Eduardo Cisneros Espinosa Ph.D
C.C 0101045540

Cuenca, Ecuador

2016



En alianza estratégica



“DETERMINACIÓN DE CONTAMINACIÓN DIFUSA EN LA CUENCA DEL RÍO TOMEBAMBA EN MONAY”

Ing. Diego Mauricio Vintimilla Palacios

Trabajo de tesis desarrollado en cumplimiento de los requisitos para
obtener el grado académico de Máster en Ciencias (M.Sc) en
Manejo y Conservación del Agua y del Suelo

Director:
Ing. Felipe Cisneros Espinosa Ph.D

UNIVERSIDAD DE CUENCA
PROGRAMA PARA EL MANEJO DEL AGUA Y DEL SUELO
Cuenca, Ecuador
2016





RESUMEN

Se determina los valores de contaminación difusa en la cuenca del río Tomebamba en Monay de acuerdo al uso de suelo. Para ello, se seleccionaron tres sitios: i. Tomebamba Monay ii. Matadero Sayausí y iii. Llaviuco, en los cuales se realizó un monitoreo de caudal y 27 campañas de muestreo, analizando 4 parámetros de calidad del agua (*SST*, *NO₃*, *DBO* y *DQO*) por un período de 10 meses, cubriendo la estacionalidad húmeda, media y seca. Adicionalmente, se identificaron 11 sitios relevantes en contaminación puntual en la cuenca con sus respectivas campañas de muestreo. Los valores de contaminación puntual en estas fuentes fueron llevados a cada uno de los tres sitios mediante un modelo matemático unidimensional de transporte de contaminante para sustancias conservativas. La contaminación difusa de cada parámetro se relacionó con el porcentaje de uso de suelo en cada sitio, determinando las respectivas tasas.

Los resultados indican que Llaviuco y Matadero, generan tasas de contaminación bajas en comparación con la cuenca del Tomebamba. Esta última, presenta valores de 2 500 kg/d/km² por sólidos, 12 kg/d/km² por nutrientes y por materia orgánica de 270 kg/d/km², para la estacionalidad húmeda y para la zona urbana.

Se concluye que la estacionalidad húmeda y las cuencas más intervenidas son las que generan mayores tasas de contaminación difusa, siendo la urbanización la que produce un efecto importante en los cuerpos de agua, seguido de agrícola-bosque exótico y finalmente páramo-bosque nativo, denotando la importancia de establecer planes o estrategias de conservación de las cuencas.

Palabras clave: cuenca Llaviuco, Matadero, Tomebamba, contaminación puntual, contaminación difusa, calidad del agua, sólidos suspendidos totales, nitratos, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, transporte de contaminantes.



ABSTRACT

Diffuse pollution values was determined in the basin of the river Tomebamba Monay according to land use. To do this, three sites were selected: i. Tomebamba Monay ii. Matadero Sayausí and iii. Llaviuco, in which a flow monitoring and sampling campaigns 27 was performed by analyzing four water quality parameters (TSS, NO₃, BOD and COD) for a period of 10 months, covering the wet, dry and seasonal average. In addition, 11 sites were identified relevant point pollution in the basin with their sampling campaigns. The values of point source pollution from these sources were brought to each of the three sites using a one-dimensional mathematical model of contaminant transport for conservative substances. Diffuse pollution of each parameter related to the percentage of land use at each site, determining the respective rates.

The results indicate that Llaviuco and Matadero generate low contamination rates compared with Tomebamba watershed. The latter has values of 2 500 kg/d/km² solids, 12 kg/d/km² for nutrients and organic matter of 270 kg/d/ km², for wet seasonality and urban areas.

We conclude that wet seasonality and the most intervened basins are those that generate higher rates of diffuse pollution, urbanization being that produces a significant effect on the bodies of water, followed by agricultural-forest-moor exotic and native forest finally, denoting the importance of plans or strategies for watershed conservation.

Keywords: basin Llaviuco, Matadero, Tomebamba, point source pollution, diffuse pollution, water quality, total suspended solids, nitrates, biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand, contaminant transport.



TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	1
ABSTRACT.....	2
1. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN	13
1.2. OBJETIVOS.....	15
1.3. ASPECTOS CRÍTICOS	15
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	16
2.1. FUENTES DIFUSAS DE CONTAMINACIÓN.....	16
2.2. ESTUDIOS DE CALIDAD DE AGUA EN EL MEDIO LOCAL	19
2.3. DETERMINACIÓN DE CAUDALES	20
2.3.1. In situ	20
2.3.2. Método de transposición de datos de caudal.....	21
2.4. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA.....	22
2.5. TRANSPORTE DE CONTAMINANTES	26
2.5.1. Coeficiente de dispersión	27
2.6. MODELOS EXISTENTES PARA MANEJO DE CONTAMINACIÓN DIFUSA	29
3. MATERIALES Y METODOS.....	33
3.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	33
3.1.1. Descripción de las subcuencas presentes en el área de estudio	35
3.1.2. Estaciones de monitoreo	36
3.2. DETERMINACIÓN DE CAUDALES	39
3.3. ANÁLISIS DE LABORATORIO.....	39
3.3.1. Muestreo y medición de parámetros de calidad de agua.....	40
3.4. PLAN DE MUESTREO	41
3.5. TRANSPORTE DE CONTAMINANTES: FUENTES PUNTUALES DE CONTAMINACIÓN – ESTACIONES DE MONITOREO CONTÍNUO	45
3.6. DETERMINACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DIFUSA C_D EN LAS ESTACIONES LL, MS Y TM	47
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	49



4.1. IDENTIFICACIÓN DE LAS PRINCIPALES FUENTES PUNTUALES DE CONTAMINACIÓN EN LA CUENCA DEL RÍO TOMBAMBA EN MONAY	49
4.2. CAUDAL EN LAS ESTACIONES LLAVIUCO, MATADERO EN SAYAUSÍ Y TOMBAMBA EN MONAY	52
4.2.1. Curva de descarga para la estación de monitoreo continuo Llaviuco (LL)	53
4.2.2. Curva de descarga para la estación de monitoreo continuo Matadero en Sayausí (MS)	53
4.2.3. Curva de descarga para la estación de monitoreo continuo Tombamba en Monay (TM)	54
4.3. BASE DE DATOS REFERENTE A LA CALIDAD DE AGUA	55
4.3.1. Base de datos sobre calidad de agua en las estaciones de monitoreo continuo	56
4.3.2. Base de datos sobre calidad de agua en las fuentes puntuales de contaminación.....	61
4.4. RESULTADOS DEL TRANSPORTE DE CONTAMINANTES (CONTAMINACIÓN PUNTUAL)	65
4.5. RESULTADOS DE CONTAMINACIÓN DIFUSA C_D EN LAS ESTACIONES DE MONITOREO CONTINUO.....	68
4.6. TASAS DE CONTAMINACION DIFUSA (E) CON RESPECTO AL USO DE SUELO PRESENTE EN LA CUENCA DE ESTUDIO	70
4.6.1. Carga de contaminación difusa	70
4.6.2. Tasas de contaminación difusa	73
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	77
5.1. CONCLUSIONES	77
5.2. RECOMENDACIONES.....	79
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
7. ANEXOS	85
7.1. REGISTRO DE NIVELES Y CAUDALES, ESTACIONES LL, MS Y TM	85
7.2. PARÁMETROS MEDIDOS EN CAMPO.....	92
7.3. RESULTADOS DE LABORATORIO EN LAS ESTACIONES LL, MS Y TM	95
7.4. RESULTADOS DE LABORATORIO EN LAS FUENTES PUNTUALES.....	120
7.5. LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE, TULAS	124



LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Propagación de un pulso de contaminación de una sustancia conservativa	27
Figura 3.2 Ubicación del área de estudio.....	33
Figura 3.3 Uso de suelo en la subcuenca del río Tomebamba	34
Figura 3.4 Ubicación de las estaciones de monitoreo continuo.....	38
Figura 3.5 Esquema explicativo sobre el tiempo de paso	43
Figura 3.6 Conceptualización del tránsito de cargas puntuales hacia las estaciones de monitoreo continuo	46
Figura 3.7 Transporte de contaminantes desde las fuentes puntuales de contaminación hacia las estaciones de monitoreo continuo	47
Figura 4.8 Ubicación de las 11 fuentes puntuales de contaminación.....	50
Figura 4.9 Curva de descarga para la estación Llaviuco	53
Figura 4.10 Curva de Descarga para la estación Matadero en Sayausí	54
Figura 4.11 Curva de Descarga para la estación Tomebamba en Monay	55
Figura 4.12 Curva de duración de caudales en la estación Tomebamba en Monay.....	55
Figura 4.13 Variación de la conductividad eléctrica y el caudal en la estación TM.....	58
Figura 4.14 Variación de los sólidos suspendidos totales en las estaciones LL, MS y TM.....	58
Figura 4.15 Variación temporal del oxígeno disuelto en las estaciones LL, MS y TM	59
Figura 4.16 Variación temporal de la demanda bioquímica de oxígeno en las estaciones LL, MS y TM.....	59
Figura 4.17 Variación temporal de la demanda química de oxígeno en las estaciones LL, MS y TM.....	60
Figura 4.18 Variación temporal de los nitritos en las estaciones LL, MS y TM	60
Figura 4.19 Variación temporal de los nitratos en las estaciones LL, MS y TM	61



LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1 Clases de contaminación por fuentes difusas	18
Tabla 2.2 Expresiones experimentales para evaluar el coeficiente de dispersión D_L	28
Tabla 2.3 Estudios de caso sobre contaminación difusa fundamentados en coeficientes desarrollados a partir de relaciones estadísticas entre la entrada y salida de contaminantes.	31
Tabla 2.4 Estudios de caso sobre contaminación difusa basados en parámetros que indican los procesos claves que afectan el transporte de contaminantes desde la fuente hacia el curso de agua	32
Tabla 3.5 Clasificación del uso de suelo en la cuenca del río Tomebamba en Monay	35
Tabla 3.6 Descripción de las estaciones de monitoreo continuo	38
Tabla 3.7 Listado de parámetros analizados, métodos y equipo utilizado en el Laboratorio de Sanitaria de la Universidad de Cuenca	40
Tabla 3.8 Estaciones utilizadas para determinar la velocidad media en los ríos Tarqui y Yanuncay	43
Tabla 3.9 Velocidad del río, distancia entre estaciones de muestreo, tiempo de paso y horario de recolección de muestra.....	44
Tabla 4.10 Fuentes puntuales de contaminación en la cuenca del río Tomebamba en Monay	49
Tabla 4.11 Curva de descarga para la estación Llaviuco (LL).....	53
Tabla 4.12 Curva de descarga para la estación Matadero en Sayausí (MS)	54
Tabla 4.13 Curva de descarga para la estación Tomebamba en Monay (TM)	54
Tabla 4.14 Rango de parámetros físicos, químicos y biológicos en las estaciones de monitoreo continuo	57
Tabla 4.15 Concentración de contaminantes, caudal alto (29/06/2011)	62
Tabla 4.16 Concentración de contaminantes, caudal alto (23/07/2014)	63
Tabla 4.17 Concentración de contaminantes, caudal medio (15/06/2011)	64
Tabla 4.18 Concentración de contaminantes, caudal bajo (25/09/2014)	65
Tabla 4.19 Resultados del transporte de contaminantes en las estaciones MS y TM	67
Tabla 4.20 Contaminación Total en las estaciones de monitoreo continuo	68
Tabla 4.21 Resultados de contaminación difusa " C_D " en las estaciones de monitoreo continuo	69
Tabla 4.22 Carga de contaminación difusa (L en kg/d)	72
Tabla 4.23 Tasas de contaminación difusa asociado a los usos de suelos más representativos	74



LISTA DE FOTOGRAFIAS

Foto 3.1 Estación Llaviuco (LL).....	37
Foto 3.2 Estación Matadero en Sayausí (MS)	37
Foto 3.3 Estación Tomebamba en Monay (TM).....	37
Foto 3.4 Equipo utilizado en el muestreo de agua.....	41
Foto 3.5 Determinación de la velocidad del agua en el río Yanuncay con el molinete tipo Price	44
Foto 4.6 Estación Cumbe (CB)	50
Foto 4.7 Estación Victoria del Portete (TQ1)	50
Foto 4.8 Estación Tarqui (TQ2).....	51
Foto 4.9 Estación La Calera (TQ3)	51
Foto 4.10 Estación Tres Marías (TQ4).....	51
Foto 4.11 Estación San Joaquín (YN1).....	51
Foto 4.12 Colinas del Paraíso (YN2)	51
Foto 4.13 Estación Sayausí (TM1).....	51
Foto 4.14 Estación Italpisos (TM2).....	52
Foto 4.15 Estación Lavadoras-Monay (TM3).....	52
Foto 4.16 Estación Surucucho (LL1).....	52
Foto 4.17 Fuente puntual de contaminación, sector ITALPISOS (29/06/2011).....	62



LISTA DE SIMBOLOS Y ABREVIATURAS

AGNPS	Agricultural nonpoint source pollution model
ANSWERS	Areal Nonpoint Source Watershed Environment Response Simulation
ARM-HS	Agricultural Runoff Management
BASINS	Better Assessment Science Integrating point and Nonpoint Sources
CD	Contaminación difusa
CP	Contaminación puntual
CT	Contaminación total
CG Paute	Consejo de Gestión de Aguas de la Cuenca del Paute
CIWEM	The Chartered Institution of Water and Environmental Management
CREAMS	Chemicals, Runoff and Erosion from Agricultural Management Systems
DBO	Demanda bioquímica de oxígeno
DIGESA	Dirección General de Salud Ambiental del Perú
DQO	Demanda química de oxígeno
ETAPA	Empresa Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento
FWR	Foundation for Water Research
GPS	Global Positioning System
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
LL	Estación de monitoreo continuo Llaviuco
LSPC	Loading Simulation Program in C++
MS	Estación de monitoreo continuo Matadero en Sayausí
NO ₃	Nitratos
PROMAS	Programa para el Manejo del Agua y del Suelo
PSAD56	Provisional South American Datum 1956
QUAL2K	River and Stream Water Quality Model)
SENAGUA	Secretaria Nacional del Agua
SEPA	Scottish Environment Protection Agency
SST	Solidos suspendidos totales
SWAT	Soil and Water Assessment Tool



SWMM	Storm Water Management Model
SWRRB	Simulator for Water Resources in Rural Basins
TM	Estación de monitoreo continuo Tomebamba en Monay
TOPMODEL	Topographical Model
TULAS	Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria
US-EPA	Environmental Protection Agency
VLIR-IUC	Vlaamse Interuniversitaire Raad-Institutional University Cooperation
WAM	Watershed Assessment Model
WARMF	Watershed Analysis Risk Management Framework
WASP	Water Quality Analysis Simulation Program
WATFLOOD	Distributed hydrologic model



PROPIEDAD INTELECTUAL

Yo, Diego Mauricio Vintimilla Palacios, autor de la tesis "DETERMINACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DIFUSA EN LA CUENCA DEL RÍO TOMBAMBA EN MONAY", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 6 de enero de 2016

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Diego Mauricio Vintimilla Palacios".

Ing. Diego Mauricio Vintimilla Palacios
C.C: 0103415493



DERECHOS DE AUTOR

Yo, Diego Mauricio Vintimilla Palacios, autor de la tesis "DETERMINACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DIFUSA EN LA CUENCA DEL RÍO TOMBAMBA EN MONAY", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Máster en Ciencias (M.Sc) en Manejo y Conservación del Agua y del Suelo. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 6 de enero de 2016

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Diego Vintimilla Palacios', written over a horizontal line.

Ing. Diego Mauricio Vintimilla Palacios
C.C: 0103415493



AGRADECIMIENTOS

Agradezco sobre todo a Dios y a la Virgen, ya que con sus bendiciones puedo ver cristalizado un sueño más en mi vida.

Al Programa para el Manejo del Agua y del Suelo (PROMAS) de la Universidad de Cuenca en la persona del Ing. Felipe Cisneros Ph.D, en calidad de Director de la Tesis, por darme la oportunidad de trabajar en este proyecto, al Ing. Jorge García Zumalacarregui, por su conocimiento, dedicación, paciencia y amistad brindado para poder culminar este trabajo; y a todo el personal del PROMAS-UNIVERSIDAD DE CUENCA por facilitar la realización de esta investigación.

Finalmente agradezco a mi familia, de manera especial a mis queridos padres, hermano, sobrina y a Liliana por estar siempre a mi lado brindándome su apoyo y amor incondicional, para hacer posible la realización de este sueño.



CAPÍTULO

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

Los esfuerzos por implementar políticas, estrategias y normas para prevenir, controlar y enfrentar la contaminación de los recursos hídricos en el Ecuador son muchos, gracias a la labor de instituciones como la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA) y Ministerio del Ambiente, a nivel nacional. En el ámbito local, el Consejo de Gestión de Aguas de la Cuenca del Paute (CG Paute) y la Empresa Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (ETAPA EP) son instituciones que velan por la calidad de los cuerpos de agua. En especial esta última, la cual garantiza la calidad del agua de los cuatro ríos que atraviesan la ciudad de Cuenca.

ETAPA EP, en su política de gestión ambiental, establece la protección de fuentes hídricas, el tratamiento de aguas residuales y gestión ambiental urbana. Sin embargo, en la actualidad y a pesar de los planes maestros que ETAPA EP viene desarrollando, existen efluentes de aguas residuales crudas, las cuales son vertidas sin tratamiento previo a los ríos, contaminándolos y convirtiéndose en un agravante a los problemas sanitarios y de degradación del medio ambiente. Precisamente, estas corrientes superficiales constituyen las principales fuentes de agua, en donde se ubican las captaciones de agua potable para abastecer a la ciudad de Cuenca y sus alrededores con una población de 505 585 habitantes (INEC, 2010).

Cada vez es habitual, escuchar en nuestro medio sobre la problemática de la cantidad y calidad del agua, y sobre las repercusiones ambientales, económicas y sociales que esto conlleva. Desde la repartición desigual del líquido vital en nuestro planeta hasta las acciones antrópicas que provocan la degradación ambiental de los cuerpos de agua. En el medio local se ha percibido de manera directa esta problemática, desde la muerte de decenas de peces en el río Tomebamba por el estiaje a causa de la sequía que sufrió la región en ese entonces (El Universo, 2010), la contaminación del río Tomebamba debido a la descarga directa de efluentes (aceites y restos de combustibles) provenientes de



las lavadoras ubicadas en el sector de Monay, y aguas residuales domésticas. Otro factor a tener en cuenta es la contaminación debida a fuentes difusas (contaminación difusa) proveniente de actividades como la agricultura y ganadería principalmente, un problema muy poco o nada estudiado en nuestro medio y que incluso en otros países del mundo es considerada como la más importante y de mayor complejidad comparada con la contaminación puntual.

En este contexto, el proyecto bilateral “Manejo Integral de la Calidad del Agua” VLIR IUC-UNIVERSIDAD DE CUENCA, a través del Programa para el Manejo del Agua y del Suelo (PROMAS-UNIVERSIDAD DE CUENCA) analiza diversas temáticas encaminadas a fortalecer la comprensión de los recursos hídricos, permitiendo desarrollar herramientas de administración basada en la combinación de control de calidad del agua y modelización, de tal forma que los administradores de los recursos hídricos obtengan mayor información para dirigir la temática de mejor manera.

Con lo expuesto anteriormente, es necesaria la identificación de las principales fuentes puntuales de contaminación y el establecimiento de campañas de monitoreo y muestreo del agua en tres estaciones pertenecientes a la cuenca del río Tomebamba como son Llaviuco (LL), Matadero en Sayausí (MS) y Tomebamba en Monay (TM), para posteriormente, con la ayuda de la teoría de transporte de contaminantes, llevarlos a cada uno de los tres sitios elegidos y realizar un balance de masas con datos observados en varios puntos a lo largo de la cuenca y así determinar la contaminación difusa asociada a los diferentes usos del suelo. Estos resultados servirán como una línea base hacia la modelización de calidad de agua en la cuenca de estudio, el análisis de escenarios en condiciones críticas y su replicabilidad en otras cuencas de la región.

Esta investigación se realiza dentro del proyecto “Manejo Integral de la Calidad del Agua” dentro del convenio bilateral VLIR IUC – Universidad de Cuenca con el apoyo del Programa para el Manejo del Agua y del Suelo y que tiene dentro de sus objetivos el apoyo con recursos y equipos para el desarrollo de investigación científica en los temas sobre calidad del agua.



1.2. OBJETIVOS

El objetivo principal de esta investigación es determinar la contaminación difusa en la cuenca del río Tomebamba en Monay asociándola a los usos de suelo (páramo, bosque nativo, bosque exótico, agricultura y urbano) presentes en la cuenca.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Identificar las principales fuentes de contaminación puntual en la cuenca del río Tomebamba en Monay y construir la base de datos de calidad de agua mediante campañas de monitoreo.
- Determinar los parámetros de cantidad (caudal) y la base de datos de calidad de agua para las estaciones de monitoreo continuo LL, MS y TM mediante un monitoreo sistemático por un periodo de diez meses.
- Establecer el transporte de contaminantes desde las fuentes de contaminación puntual a los tres sitios de monitoreo continuo para estimar la contaminación difusa.
- Determinar las tasas de contaminación difusa en la cuenca comparándolas con los diferentes usos del suelo.

1.3. ASPECTOS CRÍTICOS

- Será factible la identificación de las fuentes de contaminación puntual más representativas en la cuenca.
- Durante la campaña de monitoreo, se darán las condiciones hidrológicas que generen caudales altos, medios y bajos en la cuenca de estudio.



CAPÍTULO

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

En esta sección se presenta una breve revisión de la bibliografía asociada a la contaminación difusa, sus principales componentes y la descripción de varios de los modelos existentes para el manejo de la contaminación difusa utilizados en otros países.

En la actualidad, el término “contaminación difusa” es utilizado en muchas áreas, sin embargo, existe documentación al respecto en que el término debe ser evitado ya que tiene connotaciones jurídicas que pueden incluir ahora a determinados tipos de fuentes puntuales o localizadas (Ongley, 1997). En este estudio el término contaminación difusa se lo mantiene.

2.1. FUENTES DIFUSAS DE CONTAMINACIÓN

Es conocido que las dos principales fuentes que amenazan la calidad del agua son las fuentes puntuales y no puntuales.

La Agencia de Protección del Medio Ambiente (Environmental Protection Agency, US-EPA) define a las fuentes puntuales de la siguiente manera (EPA, 2012):

El término "fuente puntual" significa todo medio de transporte perceptible, delimitado y discreto, por ejemplo, toda tubería, acequia, canal, túnel, conducto, pozo, fisura discreta, contenedor, material rodante, actividades concentradas de alimentación animal, o buque u otro medio flotante, desde el cual se descarguen o puedan descargar contaminantes. En este término no se incluyen las descargas agrícolas de agua de lluvia ni el caudal de retorno de la agricultura de regadío.

La característica común de estas fuentes puntuales es que en algunos países son reguladas, su control es obligatorio y un permiso es requerido para descargar residuos de esas fuentes (Campbell, et al., 2004).

La contaminación debido a fuentes no puntuales empezó a tener importancia a finales de 1960 y a principios de 1970, cuando los investigadores luego de



realizar los modelos de calidad de agua revelaron significativas fuentes de contaminantes que no eran las fuentes puntuales.

La definición ampliamente aceptada por la comunidad científica sobre contaminación difusa es la citada por el Instituto Público de Manejo del Agua y Medioambiente, por sus siglas en inglés CIWEM (The Chartered Institution of Water and Environmental Management) de la siguiente manera (SEPA, 2008):

“La contaminación difusa es la proveniente de actividades de uso del suelo (urbano y rural) que se esparce a través de una cuenca o subcuenca y no provienen como un efluente de procesos industriales, aguas residuales, minas profundas o descargas de granja”.

Algunas de las principales características de las fuentes difusas se presentan a continuación (Campbell, et al., 2004):

- Las descargas no puntuales ingresan a las aguas superficiales en forma difusa, en intervalos intermitentes, dependientes de los eventos meteorológicos.
- Las fuentes difusas son por lo general difíciles de ser monitoreadas en el lugar de su origen.
- A diferencia de las fuentes puntuales donde el tratamiento es el método más efectivo de control de contaminación, la reducción de la carga difusa se centra en prácticas de manejo de suelo y esorrentía.
- Impactos sobre la calidad del agua son evaluados a escala de cuenca.
- Las emisiones de residuos y descargas no pueden ser medidos en términos de límites de efluentes.
- El grado de emisiones difusas de residuos se relaciona con ciertos eventos climáticos incontrolables, así como las condiciones geográficas y geológicas y pueden diferir de lugar en lugar y de año a año.
- Los contaminantes más importantes de fuentes difusas son: sólidos suspendidos, nutrientes, patógenos fecales y compuestos tóxicos.



La contaminación difusa es un concepto útil, ya que permite la estimación de carga de contaminantes en cuerpos de agua que no provienen de procesos industriales ni descargas de efluentes municipales. En términos de carga la contaminación difusa ingresa a los cuerpos de agua vía tuberías, canales, quebradas y riachuelos, incluso deposición atmosférica de contaminantes derivados de la industria (SEPA, 2008).

En la Tabla 2.1 se indican las principales fuentes difusas de contaminación. La agricultura es sólo una de las muchas causas que dan lugar a fuentes difusas de contaminación, pero, según el parecer general, es la más importante de todas ellas (Ongley, 1997).

Tabla 2.1 Clases de contaminación por fuentes difusas

FUENTE	DESCRIPCION
Agricultura Corrales de engorde Riego Cultivo Pastos Granjas de producción de leche Huertos Acuicultura	Escorrentía de todas las categorías de actividades agrícolas que dan lugar a contaminación del agua superficial y subterránea. En los climas septentrionales, la escorrentía procedente de las tierras congeladas es un grave problema, en particular en los lugares donde el abono se aplica durante el invierno. La manipulación de las hortalizas, en particular el lavado de las mismas en aguas superficiales contaminadas, práctica común en muchos países en desarrollo, da lugar a la contaminación de los alimentos. La acuicultura, en constante crecimiento, se está convirtiendo en importante fuente de contaminación en muchos países. El agua procedente del riego contiene sales, nutrientes y plaguicidas. El drenaje con cañerías transporta rápidamente sustancias lixiviadas, como el nitrógeno, a las aguas superficiales.
Silvicultura	Mayor volumen de escorrentía procedente de las tierras alteradas. La mayor parte de los daños procede de la tala de bosques para urbanización
Descarga de desechos líquidos	Descarga de desechos líquidos procedentes de efluentes municipales, fango cloacal, efluentes y fangos industriales, aguas de desecho procedentes de los sistemas sépticos domésticos; en particular, la descarga en tierras agrícolas, y la descarga legal o ilegal en cursos de agua
Zonas urbanas Residenciales Comerciales Industriales	Escorrentía urbana procedente de tejados, calles, lugares de estacionamiento, etc., que da lugar a la sobrecarga de los centros de depuración que reciben aguas de la red de alcantarillado, o escorrentía contaminada que se envía directamente a las aguas receptoras; las industrias y empresas locales a veces descargan sus desechos en los drenes para aguas torrenciales y canalones de las calles; limpieza de las calles; la aplicación de sal en las carreteras contribuye a la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas.
Sistemas de alcantarillado rural	Sobrecarga y perturbación de los sistemas técnicos, lo que da lugar a escorrentía superficial y/o infiltración directa en las aguas subterráneas.
Transporte	Carreteras, ferrocarriles, tuberías, pasillos hidroeléctricos, etc.
Extracción de minerales	Escorrentía de las minas y desechos de las mismas, canteras y pozos.
Utilización de la tierra para fines recreativos	Gran variedad de usos de la tierra para fines recreativos - en particular centros de esquí, la navegación y puertos recreativos, lugares de camping, parques, residuos y agua "gris" de la barcas de recreo - son un contaminante de gran importancia, especialmente en pequeños lagos y ríos. Caza (contaminación provocada por el plomo en las aves acuáticas).
Eliminación de residuos sólidos	Contaminación de las aguas superficiales y subterráneas por los productos lixiviados y gases. Los desechos peligrosos a veces se eliminan mediante descargas subterráneas.
Dragado	Dispersión de sedimentos contaminados, filtración desde las zonas de confinamiento.



Eliminación en profundidad	Contaminación de las aguas subterráneas mediante la inyección profunda de desechos líquidos, en particular de salmueras en los yacimientos petrolíferos y desechos industriales líquidos.
Deposición atmosférica	Transporte de contaminantes a larga distancia y deposición sobre la tierra y superficies acuáticas.

Elaboración: (Ongley, 1997)

2.2. ESTUDIOS DE CALIDAD DE AGUA EN EL MEDIO LOCAL

En el medio local y nacional los estudios de calidad de agua en los ríos son escasos. En la ciudad de Cuenca, ETAPA EP, es la entidad que desde los años 90 realiza la vigilancia de la calidad del agua de los ríos que atraviesan la ciudad. En el año de 1997, esta misma empresa, emprende el “Programa de Monitoreo Biológico de los ríos en Cuenca”, con el uso de invertebrados bénticos como indicadores de la calidad ecológica de los ríos.

En el año de 2006, se realizó la consultoría para la “*Determinación de categorías de calidad ambiental en los ríos de Cuenca*”, destacándose la propuesta de un protocolo de bioindicación adecuado para la región, la revisión de la identificación taxonómica de ciertos grupos de organismos y la evaluación del índice más adecuado a usarse en futuros programas de evaluación de la calidad de los ríos (Carrasco, 2006). Entre las principales conclusiones de esta consultoría se destaca:

- Las cuencas altas de los ríos Tomebamba, Yanuncay que no poseen fuentes puntuales de contaminación presentan una condición biológica sin impactos o con impactos leves. Las condiciones ecológicas de estos ríos se mantienen más o menos estables hasta antes de que éstos entren en la zona urbana de Cuenca.
- El funcionamiento de los interceptores marginales, logró registrar una recuperación de las condiciones biológicas del Tomebamba en los tramos del río ubicados dentro del casco urbano de la ciudad de Cuenca.
- En la cuenca baja del Yanuncay, con aguas residuales interceptadas, las condiciones de este río son similares a las del Tomebamba luego de la intercepción.



- La cuenca media del río Tarqui no presenta afecciones significativas. La cuenca baja del río está más afectada que la de los ríos Tomebamba y Yanuncay debido a problemas en el funcionamiento de los interceptores.
- La mayor parte de los tramos de los ríos estudiados tienen fuertes afecciones en la calidad del hábitat que los circunda. El mayor problema dentro de las estaciones está relacionado con la remoción de la vegetación en las orillas, lo que produce erosión e inestabilidad de las riberas, aumento de la producción primaria dentro del río (por la ausencia de zonas sombreadas y la mayor entrada de luz al ecosistema), disminución de las entradas alóctonas provenientes de la caída de vegetación, entre otras cosas.

En el año 2011 se firmó el convenio bilateral entre el Consejo de Gestión de Aguas de la cuenca del río Paute (CG PAUTE) y la Universidad del Azuay para el *“Monitoreo de la calidad del agua en once sub cuencas del río Paute”*, con la finalidad de determinar si con la cantidad y la calidad de agua que existen en cada una de las sub cuencas se puede continuar abasteciendo a la población, o en caso contrario determinar las estrategias por parte de las autoridades municipales.

En julio de 2014 se presentó la investigación realizada *“Estudio integral de la calidad del agua del río Burgay y evaluación del riesgo toxicológico por la probable presencia de plaguicidas”*. El estudio determinó las condiciones en que se encuentra el río, contribución que pretende en un futuro adoptar acciones que posibiliten evitar su contaminación y mejorar su condición ambiental y paisajística (Pauta, 2014).

2.3.DETERMINACIÓN DE CAUDALES

2.3.1. In situ

Por lo general, el valor del caudal se expresa en función de la altura correspondiente del agua en una estación de aforo (Organización Meteorológica Mundial, 2011). La medición de la altura de agua responde a los siguientes tipos: medidores no registrados (escala limnimétrica vertical graduada, medidor en



rampa o inclinado, medidor de varilla, cinta, etc.) y limnógrafos. Para la medición del caudal, existen diferentes métodos: mediante molinetes, el método del flotador, el método de dilución, métodos indirectos (levantamiento topográfico del terreno, mediciones mediante el método área-pendiente, medición del flujo en estrechamientos, etc.), métodos no tradicionales de aforo (barca en movimiento), ultrasónico, electromagnético y mediante instrumentos de efecto Doppler (Organización Meteorológica Mundial, 2011).

2.3.2. Método de transposición de datos de caudal

Cuando existen registros de caudales en una estación ubicada dentro de la misma cuenca de drenaje, se pueden transferir caudales instantáneos de diferentes periodos de retorno, mediante relaciones de áreas de drenaje, así:

$$Q_{SP} = Q_{EH} \left(\frac{A_{SP}}{A_{EH}} \right)^x \quad (1)$$

Donde:

Q_{SP} : caudal en el sitio de proyecto, en metros cúbicos por segundo (m^3/s).

Q_{EH} : caudal en la estación hidrométrica, en metros cúbicos por segundo (m^3/s).

A_{SP} : área cuenca hidrográfica hasta el sitio de proyecto, en kilómetros cuadrados (km^2).

A_{EH} : área cuenca hidrográfica hasta la estación hidrométrica, en kilómetros cuadrados (km^2).

El exponente x es un valor que fluctúa usualmente entre 0.5 y 0.75. A falta de datos de investigación, se acostumbra tomar un valor igual a 0.5. En todo caso, para la aplicación de esta metodología es imperativo que las áreas de drenaje no sean muy diferentes. En general, esta diferencia no podrá ser mayor o menor al 50 % del valor original del área de drenaje. La misma metodología se puede aplicar para hoyas hidrográficas que sean hidrológica y climatológicamente homogéneas (Instituto Nacional de Vías, 2009).



2.4. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA

Es imposible hablar de características de calidad del agua sin antes conocer el término, calidad del agua. En este trabajo, la definición acertada se presenta a continuación: *calidad de agua* se entenderá como “conjunto de propiedades físicas, químicas y biológicas del agua que determinan que sea apropiada para un uso determinado y su capacidad para mantener saludables a los ecosistemas acuáticos” (Comisión para la Cooperación Ambiental, 2012). Esta definición ha dado lugar a diversas normativas, que asegura la calidad suficiente para garantizar determinados usos, pero que no recoge los efectos y consecuencias que la actividad humana tiene sobre las aguas naturales; de este modo también se habla de calidad intrínseca o natural que da cuenta de las condiciones fisicoquímicas y biológicas de un medio natural que no ha experimentado intervención humana.

En el Ecuador, el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS), en el Libro VI, Anexo 1, indica los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado; los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos; y, métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua, mas no las definiciones de los parámetros de calidad del agua. Es por ello que en la presente investigación se adoptó las definiciones citadas en el documento “Criterios adoptados para establecer los estándares de calidad del agua” (Dirección General de Salud Ambiental , 2002), acogiendo los estándares establecidos en las “Guías de Calidad de Agua Potable” recomendados por la Organización Mundial de la Salud.

- Temperatura: parámetro muy importante dada su influencia, tanto sobre el desarrollo de la vida acuática como sobre las reacciones químicas y velocidades de reacción, así como la aptitud del agua para ciertos usos útiles. La temperatura es un indicador de la calidad del agua, que influye en el comportamiento de otros indicadores de la calidad del recurso hídrico, como el pH, el déficit de oxígeno, la conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas



- Conductividad eléctrica: es una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica. La medida de la conductividad de un agua nos da una idea de los sólidos disueltos en la misma.
- Sólidos suspendidos totales: son generalmente responsables de impurezas visibles. La materia suspendida consiste en partículas muy pequeñas, que no se pueden quitar por medio de deposición. Pueden ser identificadas con la descripción de características visibles del agua, incluyendo turbiedad y claridad, gusto, color y olor del agua.
- pH: valor que determina si una sustancia es ácida ($\text{pH} < 7$), neutra ($\text{pH} = 7$) o básica ($\text{pH} > 7$), calculando el número de iones hidrógeno presentes. La concentración de ión hidrogeno es un parámetro de calidad de gran importancia tanto para el caso de calidad de las aguas naturales como residuales.
- Oxígeno disuelto: medida de la cantidad de oxígeno disponible en el agua para las plantas y los animales. El oxígeno disuelto es considerado como un indicador de la calidad del agua, si la fuente de agua está contaminada contiene microorganismos, bacterias y materia orgánica, malos olores la concentración de oxígeno disuelto disminuye lo que indica que el agua es de mala calidad, la presencia de microorganismos aumenta los riesgos a la salud.
- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO): medida del oxígeno usado en la degradación de materiales orgánicos y algunos materiales inorgánicos. La DBO es un indicador de consumo de oxígeno por microorganismo, el consumo de esta agua con alto contenido de DBO presenta riesgos a la salud.
- Demanda química de oxígeno (DQO): es la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación química de la materia orgánica e inorgánica en el agua. El ensayo de la DQO se emplea para medir el contenido de materia orgánica tanto de las aguas naturales como de las residuales.



- Nitratos y nitritos: los iones nitrato (NO_3^-) y nitrito (NO_2^-) son iones inorgánicos de origen natural que forman parte del ciclo del nitrógeno. En este ciclo, los desechos que contienen nitrógeno orgánico se descomponen en el suelo o en el agua, por acción de microorganismos, para formar amoníaco en primera instancia. Posteriormente, éste se oxida para formar iones nitrito y éstos, a su vez, para dar nitratos. En niños menores de 6 meses que consuman agua con concentraciones elevadas de nitratos y nitritos, podrían enfermar gravemente de metahemoglobinemia infantil.
- Coliformes totales: incluye una amplia variedad de bacilos aerobios y anaerobios facultativos, gramnegativos y no esporulantes capaces de proliferar en presencia de concentraciones relativamente altas de sales biliares fermentando la lactosa y produciendo ácido o aldehído en 24 h a 35–37 °C. El grupo de los coliformes totales incluye microorganismos que pueden sobrevivir y proliferar en el agua. Por consiguiente, no son útiles como índice de agentes patógenos fecales, pero pueden utilizarse como indicador de la eficacia de tratamientos y para evaluar la limpieza e integridad de sistemas de distribución y la posible presencia de biopelículas.
- Coliformes fecales: son un subgrupo de los coliformes totales, capaz de fermentar la lactosa a 44,5 °C. Aproximadamente el 95% del grupo de los coliformes presentes en heces fecales, están formados por *Escherichia coli* y ciertas especies de *Klebsiella*. Se diferencia de los coliformes totales por la característica de crecer a una temperatura superior (termotolerantes). Ya que los coliformes fecales se encuentran casi exclusivamente en las heces de animales de sangre caliente, se considera que reflejan mejor la presencia de contaminación fecal.
- Turbiedad: es producida por materias en suspensión, como arcillas, cieno o materias orgánicas e inorgánicas finamente divididas, compuestos orgánicos solubles coloreados, plancton, sedimentos procedentes de la erosión y microorganismos. La turbiedad se utiliza para indicar la calidad



del agua y la eficiencia de la filtración para determinar si hay presencia de organismos que provocan enfermedades.

- **Alcalinidad:** es la medida de su capacidad de neutralizar ácidos. Se debe principalmente a sales de ácidos débiles y a bases fuertes, y esas sustancias actúan como amortiguadores para resistir la caída del pH. La alcalinidad es un indicador de la calidad general del agua. Si bien no existen riesgos de salud por alcalinidad, se supervisa para controlar el proceso de tratamiento.
- **Dureza:** el agua dura se crea cuando el magnesio y el calcio se disuelven en el agua principalmente. La dureza de las aguas varía considerablemente en los diferentes sitios. En general, las aguas superficiales son más blandas que las aguas profundas. La dureza de las aguas refleja la naturaleza de las formaciones geológicas con las que el agua ha estado en contacto.
- **Cloruros:** el ion cloruro se encuentra con frecuencia en las aguas naturales y residuales, en concentraciones variables. Este ion ingresa al agua en forma natural mediante el lavado que las aguas lluvias realizan sobre el suelo. La concentración de cloruros tiende a ser baja, salvo que estas hayan tenido eventos antrópicos. Ya que muchas de las actividades generan residuos con altas concentraciones de ion cloruro, una de las principales razones por las cuales se incluye este ion en los estudios de calidad ambiental, es porque dicho ion se comporta como un trazador o indicador ideal de afección antrópica.
- **Color:** las aguas superficiales pueden parecer altamente coloreadas debido a la presencia de materia pigmentada en suspensión, cuando en realidad el agua no tiene color. El material colorante resulta del contacto con detritus orgánicos como hojas y madera, en diversos estados de descomposición. El color causado por la materia en suspensión es llamado color aparente y es diferente al color debido a extractos vegetales u orgánicos, que son coloidales, al que se llama color real.



2.5. TRANSPORTE DE CONTAMINANTES

Si se analiza el proceso de transporte de contaminantes en un curso de agua sobre una escala larga respecto de las dimensiones transversales del curso, puede plantearse un modelo matemático unidimensional. El modelo más simple que puede plantearse para una sustancia conservativa, es decir, una que sólo es transportada por la corriente sin sufrir ningún otro proceso que altere la cantidad de masa inyectada, es el siguiente (Menéndez, 2010):

$$\frac{\partial C}{\partial t} + U \frac{\partial C}{\partial x} = D_L \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} \quad (2)$$

Donde:

C : concentración media del contaminante sobre la sección transversal [M/L^3].

U : velocidad de la corriente [L/T].

D_L : coeficiente de dispersión [L^2/T].

La ecuación (2) representa el balance de masa del contaminante.

Para el problema de un vertido accidental de una masa W de un contaminante (considerado instantáneo y en $x = 0$), la ecuación da la solución (Menéndez, 2010):

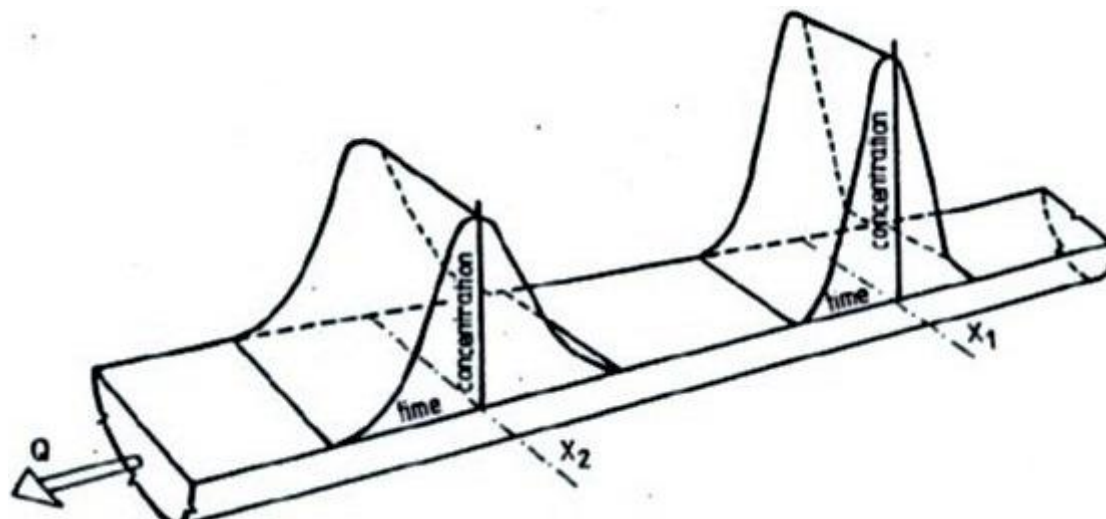
$$C(x, t) = \frac{W}{\Omega \sqrt{4\pi D_L t}} \exp \left[-\frac{(x - Ut)^2}{4D_L t} \right] \quad (3)$$

Dónde:

Ω : área de la sección transversal del curso [L^2].

La ecuación (4) describe la propagación de una onda de contaminante tipo campana, que se va achatando a medida que se traslada, tal como se muestra en la Figura 2.1.

Figura 2.1 Propagación de un pulso de contaminación de una sustancia conservativa



Elaboración: (Menéndez, 2010)

La curva de concentración vs. tiempo para un punto dado x , ubicado aguas abajo de la fuente, tiene su máximo valor cuando $t = x/U$, que es el tiempo de viaje desde la fuente de contaminación al punto de análisis. Ese valor máximo vale, (Menéndez, 2010):

$$C_{max}(x) = \frac{W}{\Omega \sqrt{4\pi D_L \frac{x}{U}}} \quad (4)$$

La ecuación (4) permite estimar las máximas concentraciones a lo largo del curso resultantes de una inyección de contaminante de masa W en el punto $x = 0$.

2.5.1. Coeficiente de dispersión

El coeficiente de dispersión es, desde el punto de vista físico, un coeficiente de difusión, pero se lo denomina así debido a que no sólo involucra procesos de difusión turbulenta sino también de desparramamiento por el gradiente transversal de la velocidad de la corriente (Jolánkai, 1992).

En la situación de una evaluación preliminar de contaminación o en ausencia de datos de campo, el coeficiente de dispersión puede ser estimado en base a expresiones empíricas presentadas en la Tabla 2.2.

**Tabla 2.2** Expresiones experimentales para evaluar el coeficiente de dispersión D_L

FÓRMULA	OBSERVACIÓN
$D_L = dhu^*$	h = profundidad de agua, u^* = velocidad cortante = $(h S g)^{1/2}$ (donde S es el gradiente de energía -pendiente- y g es la aceleración de la gravedad). Valores comúnmente reportados de d entre 6.0 – 13. 0.
$D_L = 14.282 g S^{1/2} R^{3/2}$	Formula de Parker, donde R es el radio hidráulico.
$D_L = 7.25 h u^* \left(\frac{u}{u^*}\right)^{1/4}$	Formula de Thackston-Krenkrel; u es la velocidad media de flujo.
$D_L = 0.011 \frac{u^2 B^2}{h u^*}$	Formula de Fisher, donde B es el ancho del canal.
$D_L = 0.058 \frac{Q}{S B}$	Formula de McQuivery-Keefer
$D_L = 0.5 \left(\frac{u}{u^*}\right) \frac{Q^2}{u^* R^3}$	Formula de Liu
Observaciones:	Las unidades de longitud están en pies, por lo tanto D_L esta obtenida en ft^2/s . Un multiplicador de 0.093 se aplicará para obtener D_L en m^2/s . Una estimación muy aproximada del rango de D_L está entre 10 – 100 m^2/s , en corrientes naturales.

Elaboración: (Jolánkai, 1992)

En los ríos el coeficiente de dispersión (D_L) puede variar entre 5 y 20 m^2/s , y en sectores donde los procesos bidimensionales se hacen más dominantes, como por ejemplo en los estuarios, puede variar entre 30 y 100 m^2/s .

En el caso en que no existen fuertes gradientes laterales de la velocidad, la dispersión está controlada por el gradiente vertical, en cuyo caso el coeficiente adimensional de dispersión varía desde alrededor de 6, para el caso de un perfil vertical de velocidades de tipo logarítmico que se da en un canal, hasta alrededor de 200, para un perfil característico de circulación densimétrica en los tramos salinos de un estuario. Si los gradientes laterales son fuertes, entonces el coeficiente adimensional de dispersión puede incrementarse hasta algunos miles (Jolánkai, 1992).

Para evaluaciones más precisas de contaminación es necesario recurrir a determinaciones de campo. Esto puede ser llevado a cabo de dos maneras diferentes:

- Utilizando la serie concentración-tiempo de un evento dinámico real.
- Realizando estudios de trazadores.



2.6. MODELOS EXISTENTES PARA MANEJO DE CONTAMINACIÓN DIFUSA

Desde principios de 1970, un gran número de modelos de contaminación por fuentes difusas han sido desarrollados. Muchos de esos modelos se encuentran ampliamente relacionados con la hidrología de la cuenca (León, et al., 2001). Básicamente existen dos tipos de modelos: empíricos y/o físico-mecánicos, clasificándose estos, dentro de los modelos agrupados y modelos distribuidos (Johnes & O' Sullivan, 1989). Estos últimos son los más complejos, sin embargo los más utilizados son los modelos agrupados debido a facilidad de refinación para estimar las cargas de contaminantes en diferentes escalas espaciales (Dela-Cruz, et al., 2003).

Los modelos agrupados son desarrollados considerando a la cuenca como una unidad homogénea, mientras que los modelos distribuidos, dividen a la cuenca en unidades pequeñas, asignándoles características similares tales como uso de tierra, topografía, geología, etc. (Dela-Cruz, et al., 2003).

Un asunto clave en los modelos distribuidos es la selección del criterio para la discretización de la cuenca en elementos de grilla. La principal dificultad es la subdivisión de la cuenca hidrográfica en áreas o celdas que tengan la misma información uniforme. Una de las principales características de la contaminación por fuentes difusas es la variabilidad espacial y su relación con el uso de la tierra. Por lo tanto, el factor común para agrupar y seleccionar el tamaño de la celda en muchos de los modelos distribuidos es el tipo de cobertura del suelo (León, et al., 2001). Es por esto, que en esta investigación se relaciona a las tasas de contaminación difusa con los diferentes usos de suelo presentes en la cuenca en estudio, sin la aplicación de los dos modelos mencionados anteriormente.

La elección de los modelos depende entre otras cosas: del estudio a ser abordado, el cuerpo de agua a ser estudiado, el tipo de fuente de contaminación y/o las propiedades de los contaminantes (Novotny, 2003), sin embargo, la elección del modelo está restringido a la disponibilidad del set de datos para correr el programa (Dela-Cruz, et al., 2003).

Existen algunos estudios realizados sobre el tema de investigación, entre los cuales tenemos:



Modelling runoff and diffuse pollution loads in urban areas (Chiew F. & McMahon, 1999). Este estudio presenta un método simple para estimar la escorrentía y la contaminación por cargas difusas a largo plazo en cuencas urbanas, analiza métodos de modelos conceptuales para la simulación de la escorrentía y de las cargas diarias de contaminación. Se presentan los resultados del modelo para varias cuencas en las ciudades capitales de Australia. El estudio indica que a largo plazo, la escorrentía diaria se puede estimar con precisión razonable utilizando métodos sencillos. Sin embargo, la característica de la calidad del agua puede variar considerablemente entre cuencas, y en ausencia de datos, los modelos sólo pueden proporcionar una guía al rango probable de carga de contaminación difusa generada a partir de una cuenca.

Identifying Point Source and Non-Point Source Contributions to Nutrient Loadings in Water Ways in Three Catchments in the Manawatu-Wanganui Region: Technical Report to Support Policy Development (Ledwin, et al., 2007), el objetivo de este trabajo fue determinar el aporte de nutrientes hacia los cursos de agua desde fuentes puntuales y no puntuales en los ríos de la Región de Manawatu-Wanganui, Nueva Zelanda. Los resultados de este estudio indican que las fuentes no puntuales pueden ser las principales contribuyentes de nitrógeno y fósforo dentro de las corrientes naturales. La implicación directa de estos resultados es que cualquier política de manejo con el objetivo de controlar o reducir las cargas de nutrientes hacia las corrientes deben dirigirse tanto a las fuentes puntuales y no puntuales de contaminación.

Estudios de caso sobre el tema de investigación se presentan en la Tabla 2.3, los cuales se fundamentan en el uso de coeficientes que han sido desarrollados a partir de relaciones estadísticas entre la entrada y salida de contaminantes.

**Tabla 2.3** Estudios de caso sobre contaminación difusa fundamentados en coeficientes desarrollados a partir de relaciones estadísticas entre la entrada y salida de contaminantes.

ESTUDIO	REFERENCIA
The natural history of Slapton Ley Nature Reserve XVIII. Nitrogen and phosphorus losses from the catchment – an export coefficient approach	(Johnes & O' Sullivan, 1989)
Evaluation and management of the impact of land use change to the nitrogen and phosphorus load delivered to surface waters: the export coefficient modelling approach	(Johnes, 1996)
Prediction of runoff pollutant load considering characteristics of river basin.	(Ichiki, et al., 1996)
Nitrogen loading from coastal watersheds to receiving estuaries: new method and application	(Valiela, et al., 1997)
Global distribution of nitrous oxide production and N inputs in freshwater and coastal marine ecosystems	(Seitzinger & Kroeze, 1998)
The impact of land-use change on water quality at the catchment scale: the use of export coefficient and structural models	(Worral & Burt, 1999)
Modelling runoff and diffuse pollution loads in urban areas	(Chiew F. & McMahon, 1999)
Comparison of nutrient input loading and riverine export fluxes in large watersheds	(Hetling, et al., 1999)
Regression statistics as a tool to evaluate excess (anthropogenic) phosphorus, nitrogen, and organic matter in classification of Swedish fresh water quality	(Ahi, 1999)
Human impact on nitrate export: an analysis using major world rivers	(Caraco & Cole, 1999)
Phosphorus loading in the Frome catchment, UK: Phosphorus loading in the Frome catchment	(Hanrahan, et al., 2001)
Modeling combined effects of forestry, agriculture and deposition on nitrogen export in a northern river basin in Finland	(Lepisto, et al., 2001)
As assessment of a simple method for estimating the relative contributions of point and diffuse source phosphorus to in-river phosphorus loads	(Hilton, et al., 2002)
SIMPLE: Assessment of non-point phosphorus pollution from agricultural land to surface waters by means of a new methodology	(Schoumans, et al., 2002)
Global patterns of dissolved inorganic and particulate nitrogen inputs to coastal systems: recent conditions and future projections	(Seitzinger, et al., 2002)
The phosphorus indicators tool: a simple model of diffuse P loss from agricultural land to water	(Heathwaite, et al., 2003)
Identifying Point Source and Non-Point Source Contributions to Nutrient Loadings in Water Ways in Three Catchments in the Manawatu-Wanganui Region: Technical Report to Support Policy Development	(Ledein, et al., 2007)

Elaboración: Diego Vintimilla P.

Mientras que los estudios basados en los parámetros que indican los procesos claves que afectan el transporte de contaminantes desde la fuente hacia el curso de agua, considerando los procesos que ocurren en las corrientes de agua, se indican en la Tabla 2.4.



Tabla 2.4 Estudios de caso sobre contaminación difusa basados en parámetros que indican los procesos claves que afectan el transporte de contaminantes desde la fuente hacia el curso de agua

ESTUDIO	REFERENCIA
Source apportionment of riverine nitrogen transport based on catchment modelling	(Wittgren & Arheimer, 1996)
Modelling nitrogen transport and retention in the catchments of southern Sweden	(Arheimer & Brandt, 1998)
Model of spring runoff quantity and quality for urban watersheds	(Bartsova & Novotny, 1999)
Modeling soil phosphorus levels and phosphorus leaching from agricultural land in the Netherlands	(Schoumans & Groenendijk, 2000)
The SOIL-N/WEKU model system-a GIS-supported tool for the assessment and management of diffuse nitrogen leaching at the scale of river basins	(Wendland, et al., 2002)
Stochastic modelling of phosphorus transfers from agricultural land to aquatic ecosystems	(Whelan, et al., 2002)

Elaboración: Diego Vintimilla P.

Modelos para determinar la contaminación difusa son: ARM-HSP (Donigian & Davis, 1985), AGNPS (Young, et al., 1986), ANSWERS (Beasley & Huggins, 1985), CREAMS (Knisel, 1980), SWAT (Arnold, et al., 1995), SWRRB (Williams, et al., 1985), además, existen algunas aplicaciones utilizando los programas, TOPMODEL y WATFLOOD.

La US-EPA tiene una serie de programas o modelos para cuencas hidrográficas y de calidad del agua, con los cuales, se puede analizar la contaminación difusa. Se mencionan algunos de ellos: BASINS (Better Assessment Science Integrating point and Nonpoint Sources), LSPC (Loading Simulation Program in C++), WAM (Watershed Assessment Model), SWMM (Storm Water Management Model), WARMF (Watershed Analysis Risk Management Framework), WASP (Water Quality Analysis Simulation Program) y QUAL2K (River and Stream Water Quality Model). Para el desarrollo de esta investigación se utiliza la ecuación (3) que representa el balance de masa del contaminante entre las estaciones de monitoreo consideradas en este tema de estudio.

CAPÍTULO

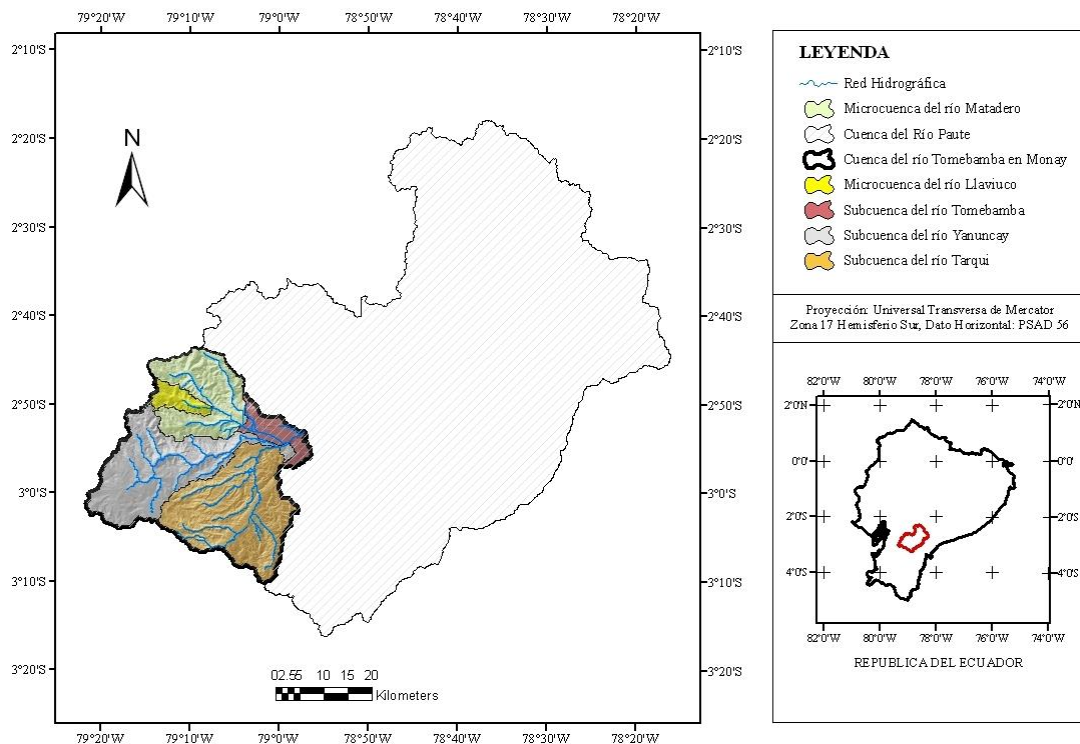
3. MATERIALES Y METODOS

3.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio corresponde a la cuenca hidrográfica del río Tomebamba aguas arriba desde el sector de Monay (Figura 3.2). Se localiza al centro sur de la República del Ecuador, en la provincia del Azuay y se encuentra emplazada dentro de la cuenca del río Paute. Su superficie es de 1 275 km², incluidas las subcuencas de los ríos Tarqui (476 km²), Yanuncay (419 km²) y Tomebamba (380 km²). Dentro de esta última se encuentran las microcuencas de los ríos Llaviuco y Matadero con 51 km² y 245 km² de superficie respectivamente, también analizadas en este estudio.

La cuenca en estudio se ubica entre los paralelos 2° 44' y 3° 11' de latitud sur y entre los meridianos 78° 58' y 79° 23' de latitud oeste, su rango de altitud varía entre los 2 440 a 4 420 m.s.n.m.

Figura 3.2 Ubicación del área de estudio



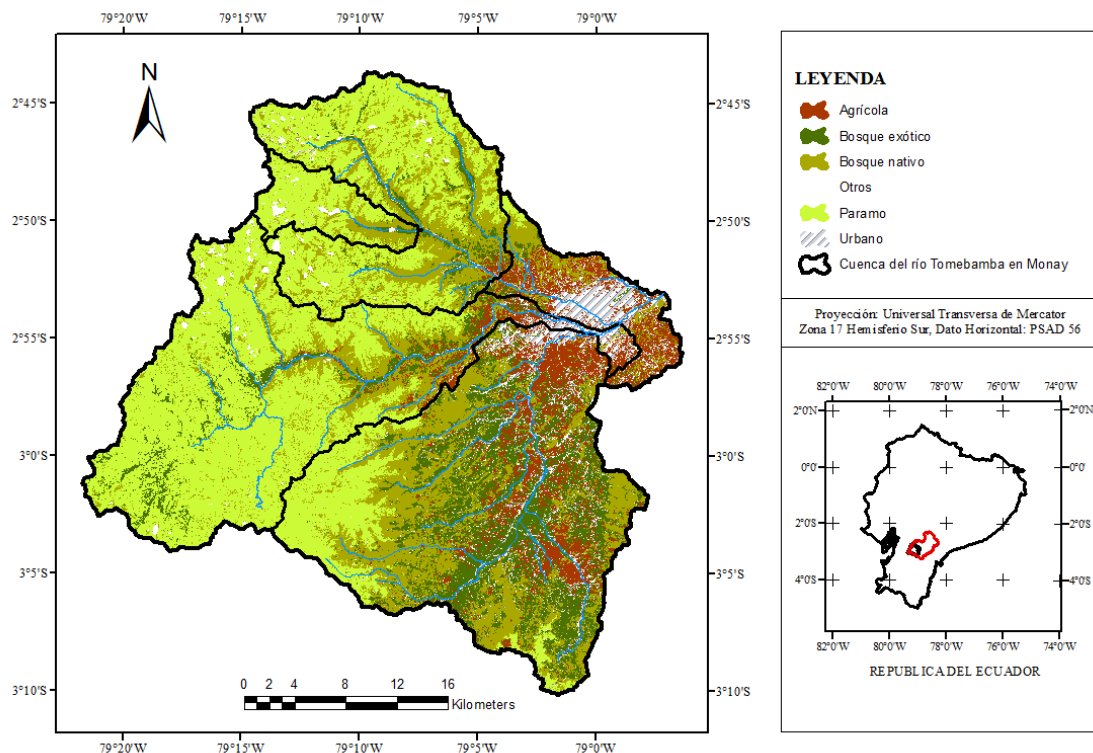
Elaboración: Diego Vintimilla P. **Fuente:** Cartografía básica a escala 1:25000, IGM, UMACPA, HIDROPAUTE, PROMAS–Universidad de Cuenca, 2001.

El clima puede considerarse tropical lluvioso con precipitación promedio que oscila entre los 750 y 1 000 mm de lluvia anual.

Las formaciones geológicas presentes en la subcuenca del río Tomebamba en escala 1:100 000 son: Formación Tarqui (tobas, riolitas y andesitas), Formación Celica (andesitas y tobas) y algunos depósitos de Tilitas sobre todo en la parte alta y media de la cuenca. En la parte baja se encuentran depósitos coluviales en su gran mayoría, seguido de las Formaciones Loyola (conglomerado de base), Santa Rosa (arenisca, conglomerado, lutitas), Azogues (conglomerado de base) y Biblián (piroclastos y lavas andesitas) (Dirección Nacional de Geología, 2002).

Los principales usos de suelo identificados mediante un mapa de uso de suelo (CG Paute, 2007) en la subcuenca del río Tomebamba en Monay (incluida la cuenca del río Yanuncay y Tarqui) son, agrícola, bosque exótico, bosque nativo, páramo, urbano. Ver Figura 3.3.

Figura 3.3 Uso de suelo en la subcuenca del río Tomebamba



Elaboración: Diego Vintimilla P. **Fuente:** (CG Paute, 2007)



En la Tabla 3.5, se presentan los usos de suelo identificados y su representatividad con respecto al área total.

Tabla 3.5 Clasificación del uso de suelo en la cuenca del río Tomebamba en Monay

Uso del suelo	LLAVIUCO		MATADERO		TOMBAMBAMBA		TOMBAMBAMBA EN MONAY	
	(km ²)	(%)	(km ²)	(%)	(km ²)	(%)	(km ²)	(%)
Páramo	35.53	69.18	145.25	58.58	363.42	37.23	544.20	42.67
Bosque nativo	12.36	24.07	77.53	31.27	244.48	25.05	334.37	26.22
Bosque exótico	1.42	2.76	16.14	6.51	176.25	18.06	193.81	15.20
Agrícola	0.00	0.00	2.03	0.82	114.56	11.74	116.59	9.14
Zonas urbanas	0.16	0.31	3.33	1.34	73.16	7.50	76.65	6.01
Otros	1.89	3.68	3.66	1.48	4.17	0.43	9.72	0.76
Total	51.36	100.00	247.94	100.00	976.04	100.00	1275.34	100.00

Elaboración: Diego Vintimilla P.

Como se observa en la tabla anterior, los páramos ocupan el porcentaje más alto de ocupación del suelo en toda la cuenca, sobre todo en las zonas medias y altas. Por ello su importancia de conservar estas fuentes de agua.

3.1.1. Descripción de las subcuencas presentes en el área de estudio

El proyecto de investigación “ESTABLECIMIENTO DE UN PLAN DE MANEJO DE CUENCAS EN RÍOS ANDINOS” desarrollado por la Universidad de Cuenca caracterizó a la subcuenca del río Tomebamba de la siguiente manera (MACUA, 2001): El piso alto del río Tomebamba se caracteriza por una geomorfología accidentada de conformación, y sus ríos caracterizados como de alta pendiente. Nace en el sector denominado Tres Cruces en el parque nacional “El Cajas” y está constituida por las microcuencas de los ríos Mazán, Culebrillas, Capillas y Río Amarillo. Gran parte de la cuenca es páramo, entre 3 000 a 4 500 m.s.n.m. Por debajo de este piso encontramos bosque montano o andino sobre todo en los valles de Mazán, Llaviuco y un poco en el sector denominado Fierro Loma (entrada a Llaviuco), en este se encuentra asentamientos dispersos, cultivos y pastos. El bosque nativo por lo general ha sido reemplazado por pastos, cultivos y bosque plantado de eucalipto. En la parte baja se encuentra la ciudad de Cuenca y sus parroquias rurales.

El río Yanuncay nace en los páramos de Angas a una altitud de 4 000 m.s.n.m. Este se forma por la unión de varias quebradas o pequeños ríos como son el Galgal, Bermejós, Chanchán y Soldados. Los terrenos que están por debajo de los 3 000 m.s.n.m son ocupados con pastos, en su mayoría, y cultivos de varios productos.



La subcuenca del río Tarqui es la más baja de las cuencas descritas anteriormente, tiene elevaciones moderadas, pero es la más extensa. El río nace en los páramos de Cumbe y en la parte alta de Victoria del Portete. Los ríos que conforman esta subcuenca son: Portete, Irquis, San Agustín, Cumbe y Shucay. Esta subcuenca casi en su totalidad está destinada a la ganadería. Las partes altas se encuentran cubiertas con pequeños bosques y matorrales nativos.

3.1.2. Estaciones de monitoreo

Las estaciones de monitoreo se dividen en dos grupos:

- **Las de monitoreo continuo**

Se determinaron las estaciones de Llaviuco (LL), Matadero en Sayausí (MS) y Tomebamba en Monay (TM), tomando en cuenta que la subcuenca de Llaviuco en su mayor parte presenta un uso de suelo homogéneo (páramo) y la de Matadero en Sayausí en su mayoría consta de dos usos (páramo y agrícola), lo cual permite realizar una clasificación de las tasas de contaminación difusa según el uso de suelo. Además, permite determinar la variabilidad temporal como espacial de la calidad del agua en la cuenca. La Foto 3.1, presenta la estación de Llaviuco y el vertedero ubicada a la salida de la laguna del mismo nombre. En la Foto 3.2 y Foto 3.3, se indica las estaciones Matadero en Sayausí y Tomebamba en Monay respectivamente, las mismas que coinciden con las estaciones hidrométricas del INAMHI.

Foto 3.1 Estación Llaviuco (LL)

Vertedero a la salida de la laguna

**Foto:** Diego Vintimilla, 2011**Foto 3.2** Estación Matadero en Sayausí (MS)

Estación hidrométrica operada por el INAMHI

**Foto:** Diego Vintimilla, 2011**Foto 3.3** Estación Tomebamba en Monay (TM)

Estación hidrométrica operada por el INAMHI

**Foto:** Diego Vintimilla, 2011

En la Figura 3.4 se muestran las tres estaciones de monitoreo continuo. Estas coinciden con estaciones hidrológicas de PROMAS-UNIVERSIDAD DE CUENCA y del INAMHI. Las estaciones seleccionadas tienen instaladas un sensor de nivel de la marca Global Water modelo WL16U con resolución de datos cada 15 min, con el propósito de cuantificar la producción de agua en cada estación.

Además, el INAMHI mantiene instaladas estaciones hidrométricas en los sitios de Matadero en Sayausí y Tomebamba en Monay. Las publicaciones realizadas por esta institución, especialmente los anuarios hidrológicos del año 2005 y 2007 sirvieron para determinar las curvas de descarga de estas estaciones.

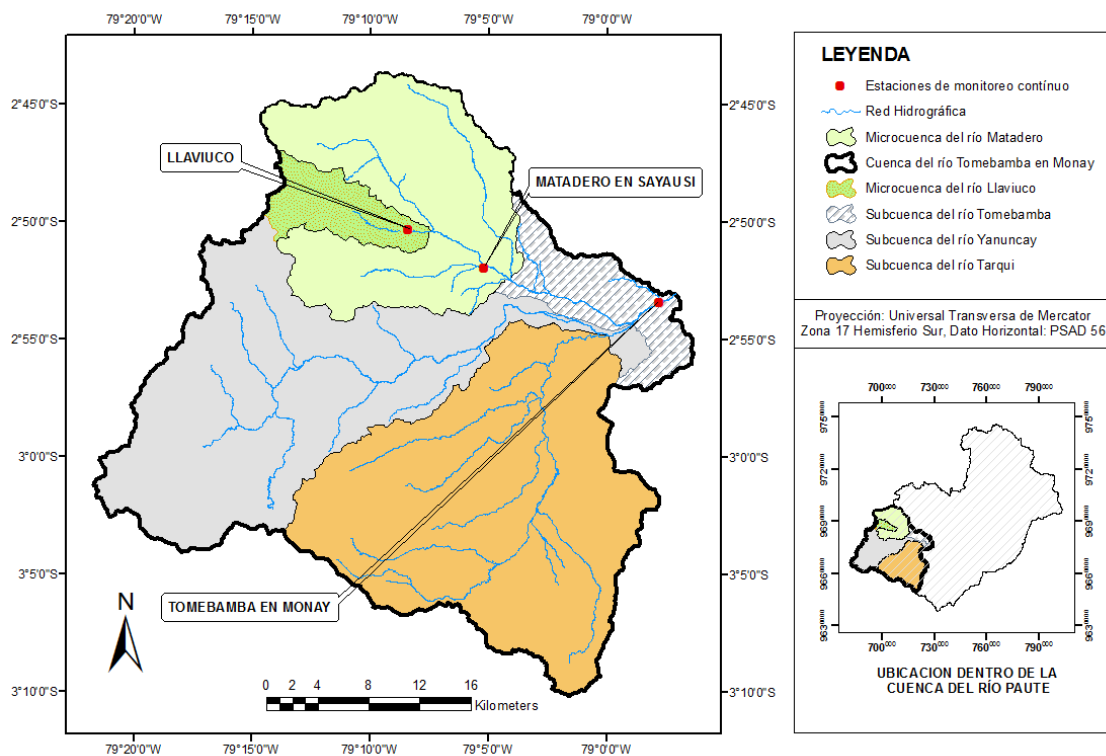
Los códigos asignados a cada estación con sus respectivas coordenadas geográficas se pueden ver en la Tabla 3.6 y Figura 3.4 respectivamente.

Tabla 3.6 Descripción de las estaciones de monitoreo continuo
Sistema de coordenadas UTM 17S PSAD56

CÓDIGO	ESTACIÓN	COORDENADAS	
		ESTE	NORTE
LL	Llaviuco	706 707	9 686 019
MS	Matadero en Sayausí	712 673	9 683 055
TM	Tomebamba en Monay	726 402	9 680 352

Elaboración: Diego Vintimilla P.

Figura 3.4 Ubicación de las estaciones de monitoreo continuo



Elaboración: Diego Vintimilla P.

- **Las fuentes puntuales de contaminación**

Las fuentes puntuales de contaminación se determinaron a partir de la información proporcionada por la Unidad de Catastros de ETAPA EP (cartografía digital de la red de alcantarillado que atraviesa a lo largo y ancho el cantón Cuenca con proyección: Universal Transversa de Mercator y dato horizontal PSAD56), inspección en campo y con la ayuda de un equipo de posicionamiento global (GPS), el cual permitió encontrar los cabezales de entrega de aguas residuales principalmente a los ríos Tomebamba, Tarqui, Yanuncay y Cumbe.



Las fuentes puntuales de contaminación son descritas en el CAPITULO 1, como parte de los resultados de esta investigación.

3.2.DETERMINACIÓN DE CAUDALES

El caudal en la estación de Llaviuco, se determinó con la ayuda de la curva de descarga generada en base a los registros de niveles de agua del sensor de nivel instalado en el sitio y la ecuación de vertedero para la estructura ubicada a la salida de la laguna de Llaviuco. El registro de niveles y caudales de la estación de Llaviuco corresponde al periodo mayo 2010-agosto 2011.

Para la determinación de los caudales en las estaciones de Matadero en Sayausí y Tomebamba en Monay fueron utilizados los anuarios hidrológicos de los años 2005 y 2007 del INAMHI, respectivamente, de los cuales se recopiló los datos de niveles y caudales para determinar la curva de descarga y posteriormente utilizarla con los datos del sensor de nivel para determinar el caudal en el periodo mayo 2010-agosto 2011.

La construcción de la curva de descarga para las tres estaciones se obtiene de la siguiente manera:

- Disponer de los registros del sensor de nivel y ordenarlos en forma ascendente con sus respectivos caudales.
- Determinar los valores máximos y mínimos registrados, lo cual permitirá fijar el rango máximo de variación de la curva de descarga.
- Graficar los niveles contra el caudal. En el eje de las ordenadas se dispone al nivel del sensor y en las abscisas, el caudal.

3.3.ANÁLISIS DE LABORATORIO

El Laboratorio de Sanitaria de la Universidad de Cuenca, permite analizar diferentes parámetros físicos, químicos y biológicos, con el objetivo de cubrir en su mayoría el espectro de análisis relacionado con la calidad del agua, como se puede observar en la Tabla 3.7.

Tabla 3.7 Listado de parámetros analizados, métodos y equipo utilizado en el Laboratorio de Sanitaria de la Universidad de Cuenca

TIPO DE ANÁLISIS	PARÁMETRO	MÉTODO	EQUIPO	LÍMITE		UNIDAD	
				Mínimo	Máximo		
Físicos	Temperatura	Potenciométrico	Thermo, Orion 3 Star			°C	
	Turbiedad	Turbidimétrico	Hach 2100AN	0.02	10 000	NTU	
	Color aparente	Colorimétrico	Hach 2100AN			UC	
	Color real	Colorimétrico	Hach 2100AN			UC	
	Conductividad	Potenciométrico	YSI modelo 52	2.50		μSiemes/cm	
	Sólidos totales	Gravimétrico				mg/l	
	Sólidos suspendidos totales	Gravimétrico		1.00		mg/l	
	Sólidos disueltos totales	Cálculo				mg/l	
	Sólidos fijos totales	Cálculo				mg/l	
	Sólidos volátiles totales	Cálculo				mg/l	
	Sólidos suspendidos fijos	Gravimétrico		1.00		mg/l	
	Sólidos Suspendidos Volátiles	Gravimétrico		1.00		mg/l	
Químicos	pH	Potenciométrico	Orion, 420A				
	Oxígeno Disuelto	Potenciométrico	Thermo, Orion 3 Star	0.20	14	mg/l	
	Alcalinidad total	Volumétrico		1.00		mg/l CaCO ₃	
	Dureza total	Compleximétrico		1.00		mg/l CaCO ₃	
	Calcio	Compleximétrico		1.00		mg/l	
	Magnesio	Compleximétrico		0.10		mg/l	
	Cloruros	Volumétrico		0.50		mg/l	
	Sulfatos	Turbidimétrico		1.00		mg/l	
	Nitritos (NO ₂)	Colorimétrico		0.10		ug/l	
	Nitratos (NO ₃)	Colorimétrico		0.01		mg/l	
	Biológicos	Coliformes Totales	Filt. Membrana		0.20		NMP/100ml
		D.B.O	Potenciométrico	Thermo, Orion 3 Star	0.10		mg/l
D.Q.O		Colorimétrico	Thermo, Orion 3 Star	2.00		mg/l	
E. Coli		Filt. Membrana		0.20		NMP/100ml	

Elaboración: Laboratorio de Sanitaria-Universidad de Cuenca

En la presente investigación, se escogieron los siguientes parámetros de contaminación: *sólidos suspendidos totales (SST)*, *nitratos (NO₃)*, *demanda bioquímica de oxígeno (D.B.O)* y *demanda química de oxígeno (D.Q.O)*.

3.3.1. Muestreo y medición de parámetros de calidad de agua

El equipo utilizado para la toma de muestras de agua en las estaciones de monitoreo continuo y fuentes puntuales se compone de un juego de frascos, para análisis de las características físicas, químicas y biológicas en laboratorio, siguiendo las normas establecidas por el Standard Methods para agua residual.

La medición de los parámetros en campo como temperatura (°C), pH y oxígeno disuelto (mg/l) son obtenidos mediante un pHmetro portátil de marca Thermo Orion 4-Star. La Foto 3.4 presenta el equipo utilizado en las campañas de muestreo de agua.

Foto 3.4 Equipo utilizado en el muestreo de agua



Foto: Diego Vintimilla, 2011

3.4. PLAN DE MUESTREO

- **Recolección de muestras**

La recolección de las muestras de agua se hizo en las estaciones de monitoreo continuo y en las fuentes puntuales de contaminación.

a) Muestreo de agua en las estaciones de monitoreo continuo

El muestreo de agua en las estaciones LL, MS y TM se realizó considerando la variabilidad estacional de la pluviometría a lo largo del año, de manera que permita interpretar las diferencias de resultados de un análisis a otro. En caso de no tomar en cuenta este parámetro se corre el riesgo de llegar a interpretar erróneamente los resultados. El periodo de muestreo corresponde al periodo septiembre del 2010 a julio del 2011, en total 25 campañas y dos campañas adicionales en el mes de julio (23/07/2014) y septiembre (25/09/2014). La Foto 3.1, Foto 3.2 y Foto 3.3 indican los sitios de recolección de las muestras de agua.

La recolección de las muestras, sigue las indicaciones del Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, tales como, lavar el envase varias veces previo a la recogida de la muestra, trasladarla rápidamente (8 horas en la situación más desfavorable) al laboratorio, las muestras para los análisis microbiológicos deben ser recogidas en envases adecuados y estériles.

Una vez recogidas las muestras, estas fueron llevadas al Laboratorio de Sanitaria de la Universidad de Cuenca para su respectivo análisis.



b) Muestreo de agua en las fuentes de contaminación puntual

El muestreo de agua en las fuentes puntuales de contaminación, también utiliza el criterio de dinámica de las descargas, es decir, se toma en cuenta la velocidad del agua en el punto “antes” y la distancia para tomar el tiempo adecuado de agua en el punto “después”.

La distancia entre las diferentes estaciones fue obtenida mediante cartografía digital con el uso de un software que permitió analizar la información geográfica disponible.

La programación del monitoreo fue establecida considerando la variación de las precipitaciones, con suerte una campaña para caudales bajos, medios y altos comprendido entre el periodo junio a julio del 2011 y julio a octubre del 2014.

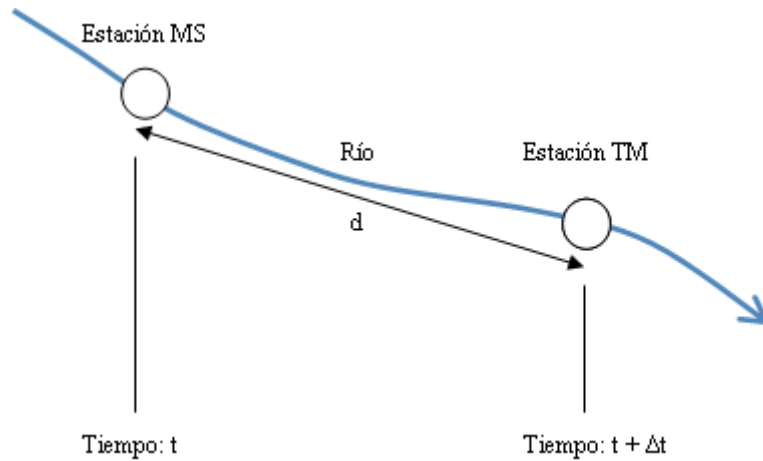
Luego de cada campaña las muestras fueron llevadas al Laboratorio de Sanitaria de la Universidad de Cuenca para su análisis.

La recolección de muestras de agua en las fuentes puntuales de contaminación, se realiza de acuerdo al siguiente procedimiento:

- **Determinación del tiempo de paso**

La toma de muestras sobre la misma masa de agua, se hace en función de los tiempos de paso, es decir, se considera la dinámica de las descargas. Este criterio es importante para comparar los resultados de la misma masa de agua. A continuación en la Figura 3.5 se presenta un esquema del cálculo del tiempo de paso, tomando dos estaciones cualesquiera. En dicha figura, la *Estación MS* y *Estación TM*, corresponde al punto de muestreo en la estación Matadero en Sayausí y Tomebamba en Monay. t es el tiempo en el cual se toma la muestra en la *Estación MS*. d es la distancia entre la estación MS y TM. $t + \Delta t$ es el tiempo en el cual se debe tomar la muestra en la estación MS. v es la velocidad media del río y $\Delta t = d/v$ es el tiempo de paso entre las estaciones MS y TM.

Figura 3.5 Esquema explicativo sobre el tiempo de paso



Elaboración: Diego Vintimilla P.

La velocidad media del curso de agua se calculó con la ayuda de un Molinete tipo Price. Este equipo fue utilizado en diferentes tramos de los ríos Tarqui y Yanuncay como se puede observar en la Tabla 3.8 y Foto 3.5. La velocidad del curso de agua en el río Tomebamba se obtuvo del estudio “Caracterización espacial y temporal de los parámetros de calidad, temperatura, pH, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, nitritos, nitratos y coliformes totales en la subcuenca del río Tomebamba” (Tapia & Castro, 2009).

Tabla 3.8 Estaciones utilizadas para determinar la velocidad media en los ríos Tarqui y Yanuncay

Sistema de coordenadas UTM 17S PSAD56

RÍO	COORDENADAS	
TARQUI	721 531	9 677 785
	719 174	9 677 188
	718 409	9 676 914
	718 313	9 667 215
YANUNCAY	711 545	9 676 654
	720 457	9 678 614
	723 246	9 677 975

Elaboración: Diego Vintimilla P.

Foto 3.5 Determinación de la velocidad del agua en el río Yanuncay con el molinete tipo Price

Foto: Diego Vintimilla, 2011

Con las velocidades promedio determinadas y consecuentemente el tiempo de paso se estableció el programa de monitoreo como se indica en la Tabla 3.9. Se observa que la hora de inicio de la campaña es a las 6 AM, por cuestiones operativas en el laboratorio y dura aproximadamente 10 horas.

Tabla 3.9 Velocidad del río, distancia entre estaciones de muestreo, tiempo de paso y horario de recolección de muestra

RIO	ESTACION	CODIGO	VELOCIDAD (m/s)	DISTANCIA (m)	TIEMPO DE PASO (h)	RECOLECCION DE MUESTRA (h:mm)
Cumbe	Cumbe	CB	0.92 ^a			6:00
Tarqui	Victoria del Portete	TQ1		7 717.0	2:19	8:19
	Tarqui	TQ2		3 564.3	1:04	9:23
	La Calera	TQ3		12 164.9	2:46	12:09
	Tres Marías	TQ4		1 759.1	0:15	12:25
Yanuncay	San Joaquín	YN1	1.03 ^a		0:37	13:02
	Colinas del Paraíso	YN2		7 829.8	0:07	13:09
Tomebamba	Llaviuco	LL	1.80 ^p		0:11	13:21
	Surucucho AJ Llullucchas	LL1		1 722.4	0:12	13:34
	Matadero en Sayausí	MS		6 105.7	0:09	13:43
	Sayausí	TM1		2 360.0	0:30	14:14
	Italpisos	TM2		3 308.5	1:02	15:16
	Lavadoras-Monay	TM3		9 358.5	0:23	15:40
	Tomebamba en Monay	TM		1 524.3	0:14	15:54

Elaboración: Diego Vintimilla P. a: medido con molinete, b: (Tapia & Castro, 2009)



3.5. TRANSPORTE DE CONTAMINANTES: FUENTES PUNTUALES DE CONTAMINACIÓN – ESTACIONES DE MONITOREO CONTÍNUO

El transporte de contaminantes (balance de masas) desde las fuentes puntuales de contaminación hacia las estaciones de monitoreo continuo es determinada mediante la ecuación (4) indicada en el numeral 2.5, para una sustancia conservativa, es decir, que su concentración no cambia debido a reacciones biológicas o químicas.

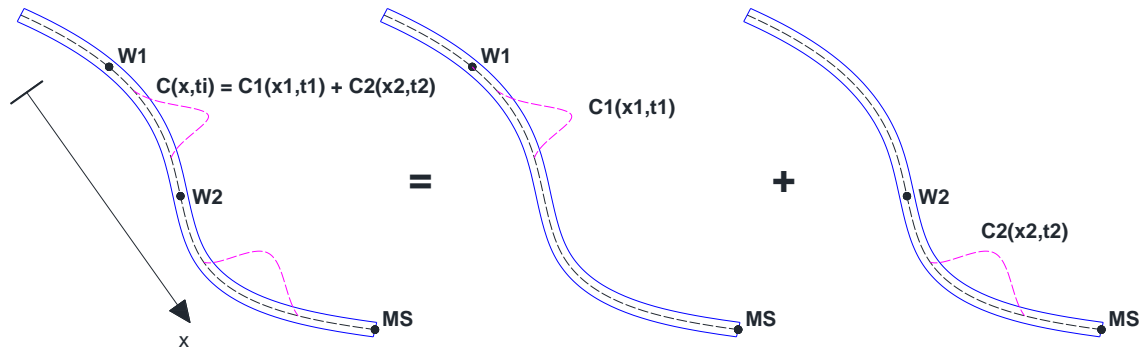
El balance de masas, requiere del conocimiento de parámetros hidrológicos (caudal, velocidad, coeficiente de dispersión) y geométricos (profundidad, anchura, sección transversal, pendiente) en cada estación de monitoreo.

- *Caudal*: este parámetro es determinado en base a la curva de descarga generada para las estaciones de monitoreo continuo LL, MS y TM, mientras que en las fuentes puntuales de contaminación con el método de transposición de caudales (numeral 2.3.2).
- *Velocidad (U)*: se determinó el día del monitoreo, midiendo el tiempo que recorre un trozo de madera una distancia determinada (10 - 20 m).
- *Coeficiente de dispersión (D_L)*: obtenido a partir de la ecuación experimental propuesta por Fisher (Tabla 2.2).
- *Profundidad (h)*: medida el día de la recolección de las muestras en las fuentes puntuales de contaminación y obtenida con el sensor de nivel en las estaciones de monitoreo continuo.
- *Anchura (B) y sección transversal (Ω)*: medida el día de recolección de las muestras de agua.
- *Pendiente (S)*: de los ríos Tomebamba, Tarqui y Yanuncay se obtuvo del estudio “Establecimiento de un Plan de Manejo de Cuencas en ríos Andinos” (MACUA, 2001).

La determinación de la concentración del contaminante C [MT^{-1}] para los parámetros SST, NO_3 , DBO y DQO, en las estaciones de monitoreo continuo LL,

MS y TM, asociadas a la contaminación puntual, es obtenida mediante la aplicación de la ecuación (4) del transporte de contaminantes desde las fuentes de contaminación puntual identificadas en esta investigación. Para ello, se considera aisladamente a las estaciones LL, MS y TM.

Figura 3.6 Conceptualización del tránsito de cargas puntuales hacia las estaciones de monitoreo continuo

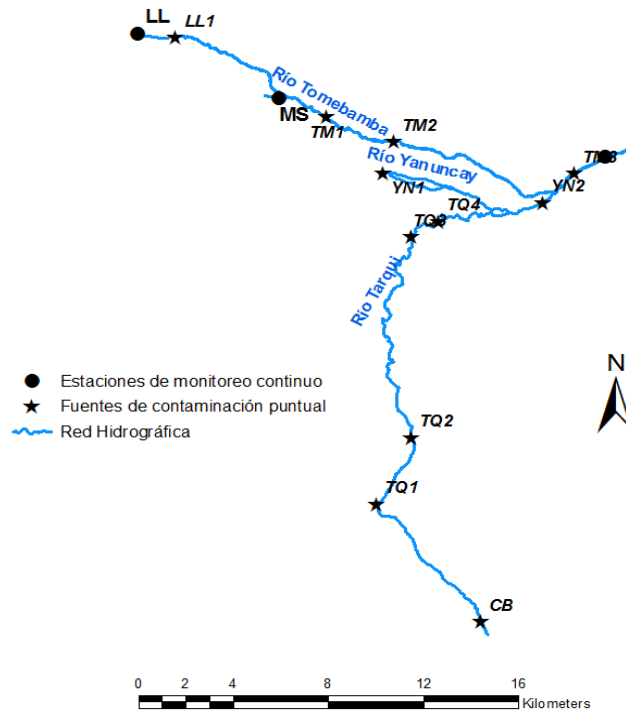


Elaboración: Diego Vintimilla P.

Se calcula la concentración en la estación de monitoreo continuo aguas abajo, como la suma de las concentraciones debidas a las cargas de contaminantes efectuadas en las fuentes de contaminación puntual, como se indica en la Figura 3.6. Esto se lo realiza para las cuatro campañas de monitoreo: caudal alto el día 29 de julio de 2011 y 23 de julio de 2014, caudal medio el 15 de junio de 2011 y para caudal bajo el 25 de septiembre de 2014.

Para la microcuenca de Llaviuco, el transporte de contaminantes no es realizado, ya que no existen fuentes puntuales de contaminación identificadas aguas arriba del sitio de monitoreo continuo LL, por lo tanto la contaminación medida a lo largo de las 27 campañas de monitoreo corresponde a la contaminación difusa. Con respecto a la estación de monitoreo continuo MS, el transporte de contaminantes se lo realiza desde la estación LL1. Finalmente para la estación TM, el transporte se lo realiza desde la estación CB y YN1, como se observa en la Figura 3.7.

Figura 3.7 Transporte de contaminantes desde las fuentes puntuales de contaminación hacia las estaciones de monitoreo continuo



Elaboración: Diego Vintimilla P.

3.6.DETERMINACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DIFUSA C_D EN LAS ESTACIONES LL, MS Y TM

El registro de monitoreo de agua de las 27 campañas, es asociada a la contaminación total en cada estación de monitoreo continuo, para posteriormente restarla de la contaminación puntual llevada a cada estación mediante la ecuación de transporte de contaminantes y obtener la contaminación difusa C_D [MT⁻¹] de la siguiente manera:

$$Contaminación_{DIFUSA} = Contaminación_{TOTAL} - Contaminación_{PUNTUAL}$$

$$C_D = C_T - C_P$$

Una vez determinada la contaminación difusa C_D en las estaciones de monitoreo continuo, la carga de contaminación difusa L [MT⁻¹], se calcula como:

$$L = C_D \times Q \tag{5}$$



Donde:

L : carga de contaminación difusa [MT^{-1}]

C_D : contaminación difusa en las estaciones de monitoreo continuo [ML^{-3}]

Q : caudal obtenido en la estación de monitoreo continuo [L^3T^{-1}] para las épocas de caudal alto, medio y bajo.

Finalmente, se asocia el valor de L con los usos característicos de las microcuencas de Llaviuco (páramo y bosque nativo) y Matadero (agrícola y boque exótico) y con la subcuenca del río Tomebamba (urbano), obteniendo la tasa de contaminación difusa E [$MT^{-1}L^{-2}$].

.

CAPÍTULO

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Este capítulo presenta los resultados obtenidos en esta investigación conforme a los objetivos descritos en el numeral 1.2.

4.1. IDENTIFICACIÓN DE LAS PRINCIPALES FUENTES PUNTUALES DE CONTAMINACIÓN EN LA CUENCA DEL RÍO TOMBAMBA EN MONAY

Son 16 las fuentes de contaminación puntual identificadas con la ayuda de un GPS y con la cartografía digital de la red de alcantarillado del cantón Cuenca, sin embargo, se seleccionaron las 11 más representativas en el área de estudio. El código hace referencia al nombre del río al cual llegan los efluentes de aguas residuales e industriales, de manera que LL1 es para identificar la descarga al río Llaviuco, CB es para el río Cumbe, TQ para el río Tarqui, YN para el Yanuncay y TM para el río Tomebamba. Los principales efluentes de estas descargas son agua residual y vertidos de industria, como se observa en la Tabla 4.10 y Figura 4.8.

Tabla 4.10 Fuentes puntuales de contaminación en la cuenca del río Tomebamba en Monay
Sistema de coordenadas UTM 17S PSAD56

N°	CÓDIGO	ESTACIÓN	ESTE	NORTE	TIPO DE VERTIDO	FOTO
1	CB	Cumbe	721 168	9 658 903	Residual	Foto 4.6
2	TQ1	Victoria del Portete	716 785	9 664 328	Residual	Foto 4.7
3	TQ2	Tarqui	718 243	9 667 383	Residual	Foto 4.8
4	TQ3	La Calera	718 243	9 676 664	Residual	Foto 4.9
5	TQ4	Tres Marías	719 403	9 677 370	Residual / Industrial	Foto 4.10
6	YN1	San Joaquín	717 035	9 679 603	Residual	Foto 4.11
7	YN2	Colinas del Paraíso	723 772	9 678 238	Residual	Foto 4.12
8	TM1	Sayausí	714 687	9 682 213	Residual	Foto 4.13
9	TM2	Italpisos	717 497	9 681 058	Industrial	Foto 4.14
10	TM3	Lavadoras-Monay	725 110	9 679 593	Residual / Industrial	Foto 4.15
11	LL1	Surucucho	708 316	9 685 849	Residual	Foto 4.16

Elaboración: Diego Vintimilla P.

La Foto 4.6, Foto 4.7, Foto 4.8, Foto 4.9 y Foto 4.10 corresponden a las fuentes puntuales de contaminación encontradas en la subcuenca del río Tarqui, en un número de 5. Sus vertidos son principalmente de origen residual. Obsérvese que el caudal de agua residual es considerable en la estación TQ3.

Se encontraron dos fuentes puntuales de contaminación de origen residual en la subcuenca del río Yanuncay, ver Foto 4.11 y Foto 4.12.

Foto 4.8 Estación Tarqui (TQ2)

Vertidos de origen residual al río Tarqui



Foto: Diego Vintimilla, 2011

Foto 4.9 Estación La Calera (TQ3)

Vertidos de origen residual al río Tarqui



Foto: Diego Vintimilla, 2011

Foto 4.10 Estación Tres Marías (TQ4)

Vertidos de origen residual/industrial al río Tarqui



Foto: Diego Vintimilla, 2011

Foto 4.11 Estación San Joaquín (YN1)

Vertidos de origen residual al río Yanuncay, ubicada aguas abajo del poblado de San Joaquín



Foto: Diego Vintimilla, 2011

Foto 4.12 Colinas del Paraíso (YN2)

Vertidos de origen residual al río Yanuncay

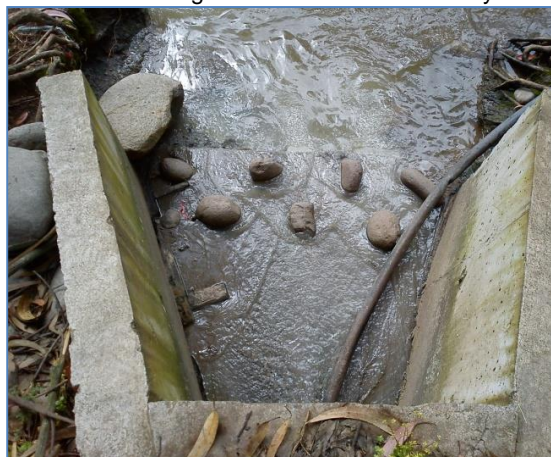


Foto: Diego Vintimilla, 2011

Foto 4.13 Estación Sayausí (TM1)

Vertidos de origen residual al río Tomebamba



Foto: Diego Vintimilla, 2011

Foto 4.14 Estación Itaipisos (TM2)

Vertidos de origen industrial al río Tomebamba con descarga clandestina



Foto: Diego Vintimilla, 2011

Foto 4.15 Estación Lavadoras-Monay (TM3)

Vertidos de origen residual/industrial al río Tomebamba



Foto: Diego Vintimilla, 2011

Foto 4.16 Estación Surucucho (LL1)

Vertidos de origen residual al río Llaviuco



Foto: Diego Vintimilla, 2011

4.2. CAUDAL EN LAS ESTACIONES LLAVIUCO, MATADERO EN SAYAUSÍ Y TOMBAMBA EN MONAY

En esta sección se presentan las curvas de descarga obtenidas en las estaciones de monitoreo continuo, para determinar la producción de agua en las diferentes campañas de muestreo. En los anexos de la sección 6, se presenta el registro de niveles y caudales en las estaciones de monitoreo continuo.

4.2.1. Curva de descarga para la estación de monitoreo continuo Llaviuco (LL)

La curva de descarga obtenida para la estación de Llaviuco, tiene la forma potencial presentada en la Tabla 4.11:

Tabla 4.11 Curva de descarga para la estación Llaviuco (LL)

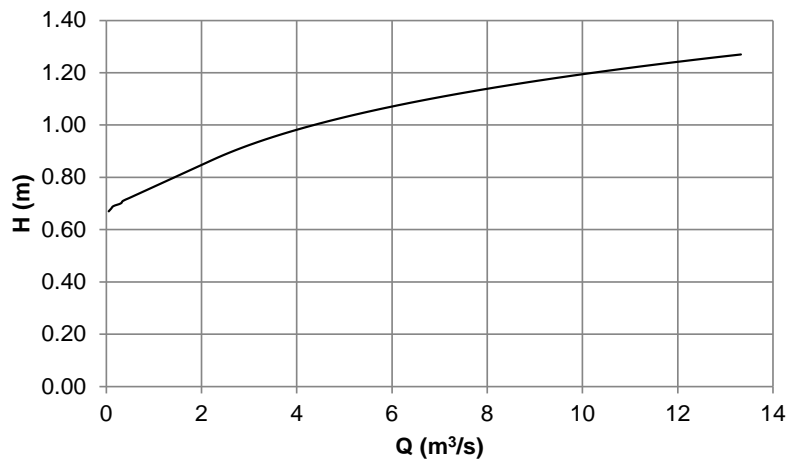
ESTACIÓN	ECUACIÓN	RANGO H (m)
	$Q = 3\,469.50 H^{26.411}$	$0.64 < H < 0.69$
LL	$Q = 14.534 H^{11.064}$	$0.70 < H < 0.85$
	$Q = 4.3557 H^{4.6787}$	$0.85 < H < 1.27$

Elaboración: Diego Vintimilla P.

Donde Q es el caudal que circula por la sección de control en m^3/s y H el registro de nivel en m. En la Figura 4.9, se observa la curva de descarga para el periodo comprendido entre mayo 2010 y agosto 2011. El valor del coeficiente de correlación encontrado en la curva es elevado ($R \geq 0.98$), indicando que el ajuste fue satisfactorio.

Figura 4.9 Curva de descarga para la estación Llaviuco

Período: Mayo 2010-Agosto 2011. Rango: 0.64-1.27 m



Elaboración: Diego Vintimilla P.

4.2.2. Curva de descarga para la estación de monitoreo continuo Matadero en Sayausí (MS)

Con los registros de nivel y caudal del anuario hidrológico 2007 del INAMHI, la curva de descarga para esta estación tiene la forma potencial:

Tabla 4.12 Curva de descarga para la estación Matadero en Sayausí (MS)

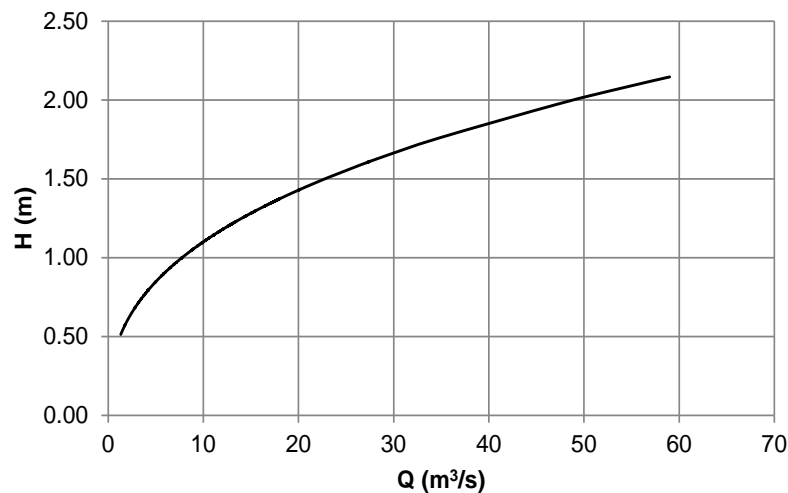
ESTACIÓN	ECUACIÓN	RANGO H (m)
MS	$Q = 7.762 H^{2.656}$	$0.54 < H < 2.30$

Elaboracion: Diego Vintimilla P.

El coeficiente de correlación encontrado para esta curva es de $R = 0.99$, y el rango de aplicación de la ecuación es $0.54 < H < 2.30$ m. La Figura 4.10, presenta la curva de descarga para la estación Matadero en Sayausí.

Figura 4.10 Curva de Descarga para la estación Matadero en Sayausí

Año: 2007. Rango: 0.54-2.30 m



Elaboracion: Diego Vintimilla P.

Si bien en la Figura 4.10, se presenta la curva de descarga encontrada en el año 2007, existe incertidumbre de que esta ecuación sea valedera en la actualidad, no por deficiencia de los datos sino más bien por cambios en la sección de control, recomendándose en trabajos posteriores, la actualización de la curva.

4.2.3. Curva de descarga para la estación de monitoreo continuo Tomebamba en Monay (TM)

En la Tabla 4.13 y Figura 4.11 se presenta la curva de descarga para la estación Tomebamba en Monay, cuya ecuación es de la forma:

Tabla 4.13 Curva de descarga para la estación Tomebamba en Monay (TM)

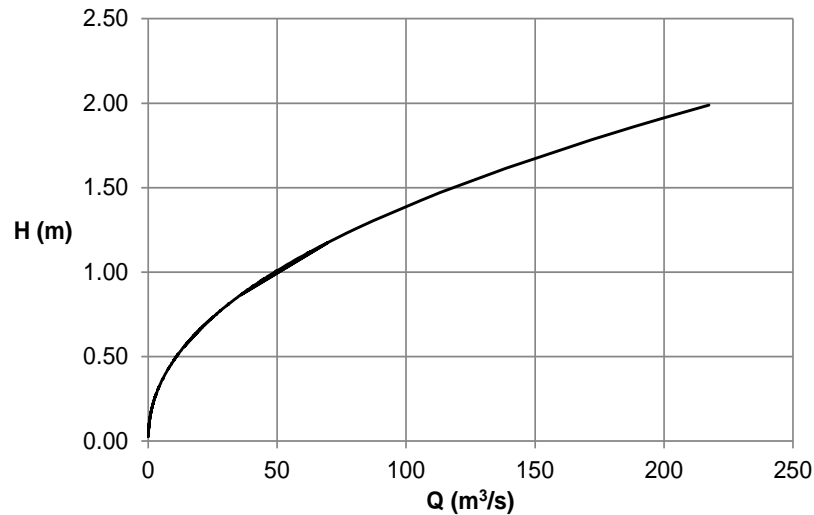
ESTACIÓN	ECUACIÓN	RANGO H (m)
TM	$Q = 49.08 H^{2.166}$	$0.03 < H < 2.04$

Elaboracion: Diego Vintimilla P.

Con un rango de aplicación entre los 0,03 m y 2,04 m. Al igual que en la estación Matadero en Sayausí, se señala la necesidad de verificar esta curva mediante

aforos líquidos en la sección de control de manera que permita actualizar a dicha curva.

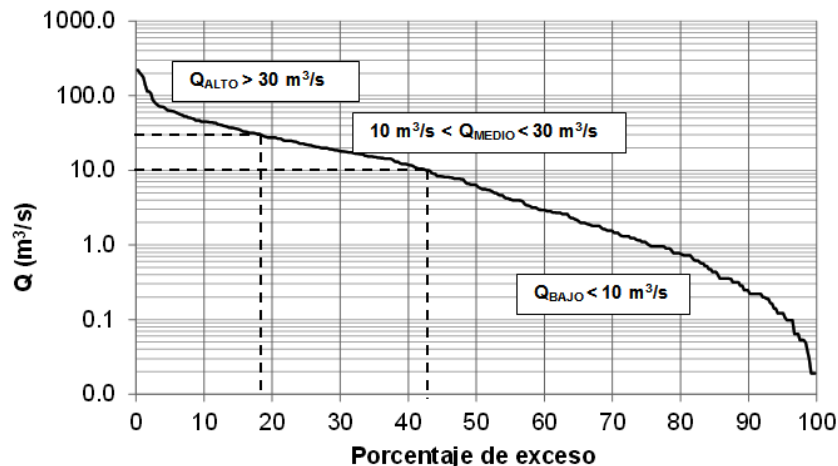
Figura 4.11 Curva de Descarga para la estación Tomebamba en Monay
Año: 2005. Rango: 0.03-2.04 m



Elaboracion: Diego Vintimilla P.

En esta misma estación se definió los umbrales de caudales altos, medios y bajos para el periodo de monitoreo con la ayuda de la curva de duración de caudales mostrado en la Figura 4.12:

Figura 4.12 Curva de duración de caudales en la estación Tomebamba en Monay



Elaboracion: Diego Vintimilla P.

4.3. BASE DE DATOS REFERENTE A LA CALIDAD DE AGUA

Con los resultados de los análisis físico, químico y bacteriológico, se construye la base de datos de calidad del agua, tanto para las muestras tomadas en las estaciones de monitoreo continuo como en las fuentes puntuales de



contaminación. A continuación se presenta de forma resumida los resultados obtenidos. En el anexo 7.3 y 7.4 se presentan los resultados generales de los ensayos de laboratorio.

4.3.1. Base de datos sobre calidad de agua en las estaciones de monitoreo continuo

La Tabla 4.14, presenta la concentración mínima, máxima y promedio de los parámetros analizados en las estaciones Llaviuco (LL), Matadero en Sayausí (MS) y Tomebamba en Monay (TM), para el periodo comprendido entre septiembre de 2010 y julio de 2011, incluyendo las dos campañas realizadas en las fechas 23/07/2014 y 25/09/2014.

Si bien el rango no es una medida significativa, pero permite tener la idea de que en la estación de TM existe mayor dispersión en los valores de los parámetros comparado con las otras dos estaciones.

El rango de temperatura varía entre 9.60 y 20.40 °C y se han registrado valores de pH superiores a 7.

Los valores promedios de conductividad varían de acuerdo a las estaciones, entre un valor mínimo registrado en la estación MS (104.81 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y un valor máximo reportado en la estación TM (136.06 $\mu\text{S}/\text{cm}$) aguas abajo de la ciudad de Cuenca. Se observa además, que el valor máximo de conductividad está relacionado directamente con la máxima concentración de sólidos disueltos totales, similar comportamiento sucede con el mínimo valor de conductividad y la mínima concentración de sólidos disueltos totales.

Los valores de conductividad fluctúan a lo largo del periodo monitoreado, sin embargo, en la época cuando las precipitaciones en la cuenca aumentan, los valores de conductividad varían en dirección opuesta al flujo y viceversa. Esta variación puede ser relacionada con el fenómeno de dilución, sobre todo en la época de caudales medios y altos. La Figura 4.13, explica gráficamente lo expuesto en el párrafo anterior, tomando como ejemplo la estación TM.

En la Figura 4.14, se presenta la variación temporal de los sólidos suspendidos totales en las estaciones de monitoreo continuo. Se observa que las mayores



concentraciones pertenecen a la estación Tomebamba en Monay, consecuentemente un mayor grado de turbiedad en el agua.

Tabla 4.14 Rango de parámetros físicos, químicos y biológicos en las estaciones de monitoreo continuo

Periodo septiembre de 2010-julio de 2011 y julio 2014-septiembre 2014

M = Máximo, m = mínimo, P = promedio

PARAMETRO	RANGO	ESTACION		
		LLAVIUCO	MATADERO EN SAYAUSI	TOMBAMBA EN MONAY
Temperatura (°C)	M	14.90	15.20	20.40
	m	9.60	9.60	10.80
	P	12.76	12.48	15.24
Conductividad (microsiemens/cm)	M	140.90	143.30	239.00
	m	80.50	69.60	71.80
	P	114.33	104.81	136.06
Solidos Suspendidos Totales (mg/l)	M	4.00	10.00	141.00
	m	0.00	0.00	4.00
	P	0.59	3.56	31.26
pH	M	8.35	8.82	9.44
	m	7.00	7.31	7.36
	P	7.79	7.96	8.12
Oxígeno Disuelto (mg/l)	M	14.74	16.80	13.80
	m	6.60	7.30	6.26
	P	8.31	8.76	8.22
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l)	M	14.50	9.45	9.49
	m	0.01	0.00	1.90
	P	1.64	1.47	4.77
Demanda Química de Oxígeno (mg/l)	M	229.22	49.83	50.65
	m	1.96	0.97	4.93
	P	24.81	13.73	25.79
N. Nitritos (ug/l)	M	7.27	8.48	251.05
	m	0.00	0.00	2.02
	P	1.73	1.56	71.34
N. Nitratos (mg/l)	M	0.30	0.30	1.10
	m	0.00	0.00	0.05
	P	0.09	0.10	0.39
Coliformes Totales (NMP/100 ML)	M	2.8E+02	1.6E+04	1.6E+07
	m	0.0E+00	4.8E+01	1.7E+05
	P	2.4E+01	4.6E+03	2.9E+06
<i>E. Coli</i> (NMP./100 ML)	M	2.3E+01	5.4E+03	9.2E+06
	m	0.0E+00	2.2E+01	3.5E+04
	P	7.4E+00	8.8E+02	1.0E+06

Elaboración: Diego Vintimilla P.

Las concentraciones promedio de oxígeno disuelto están entre 8.22 y 8.76 mg/l; dentro de los rangos aceptables de calidad del agua.

La Figura 4.15, muestra la variación temporal del oxígeno disuelto durante el periodo investigado. Éste evoluciona de la misma manera durante todos los muestreos, a excepción del día 6 de junio de 2011 cuando se registra valores de oxígeno disuelto en 16,80 mg/l en la estación MS. Se observa además, que las

concentraciones sobre todo en las estaciones MS y LL son mayores con respecto a la estación TM. Esto podría tener un significado físico, debido a la reoxigenación que el agua tiene desde el sector de Llaviuco hasta Matadero en Sayausí a causa de incrementos en la pendiente del río comparado con la pendiente del final del tramo en estudio.

Figura 4.13 Variación de la conductividad eléctrica y el caudal en la estación TM

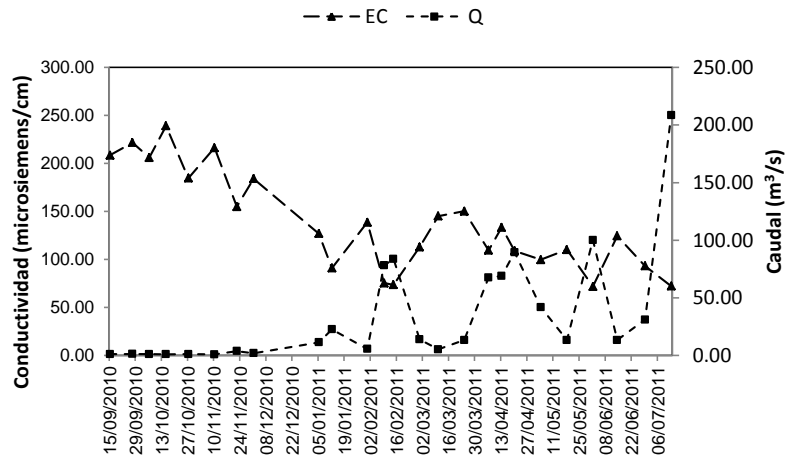
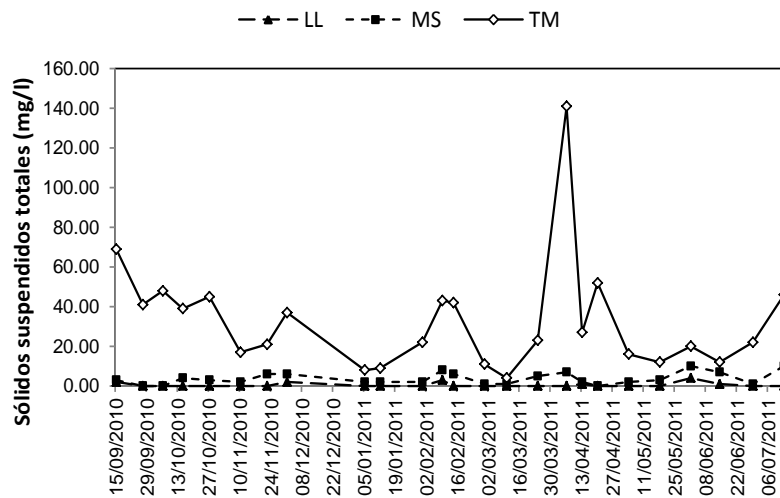
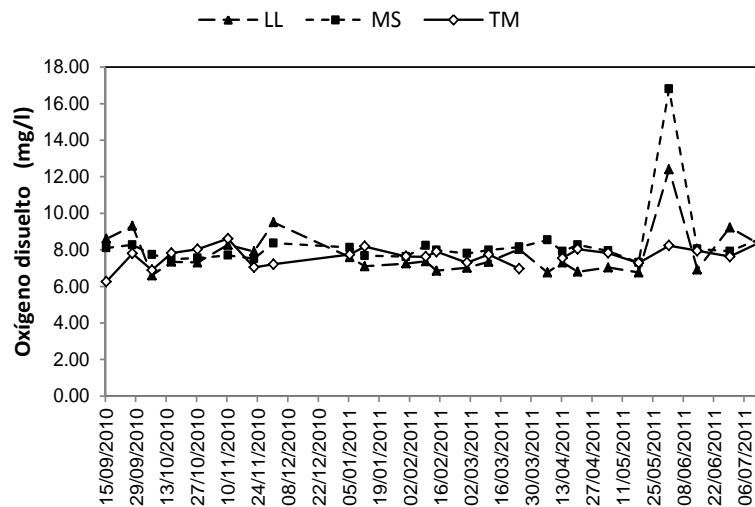
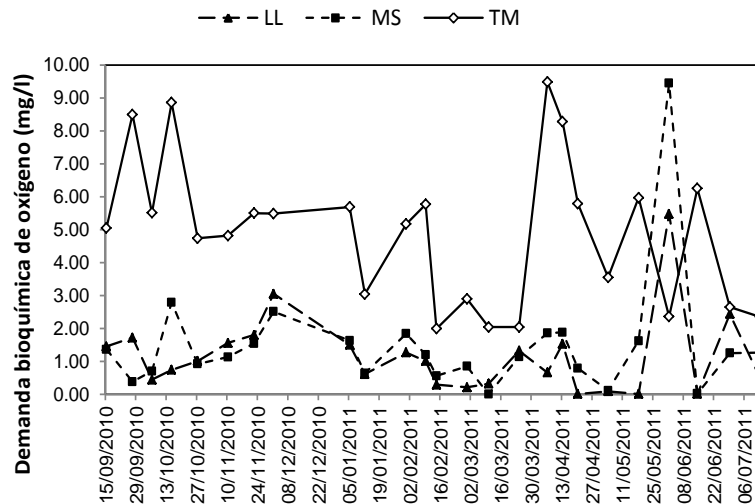


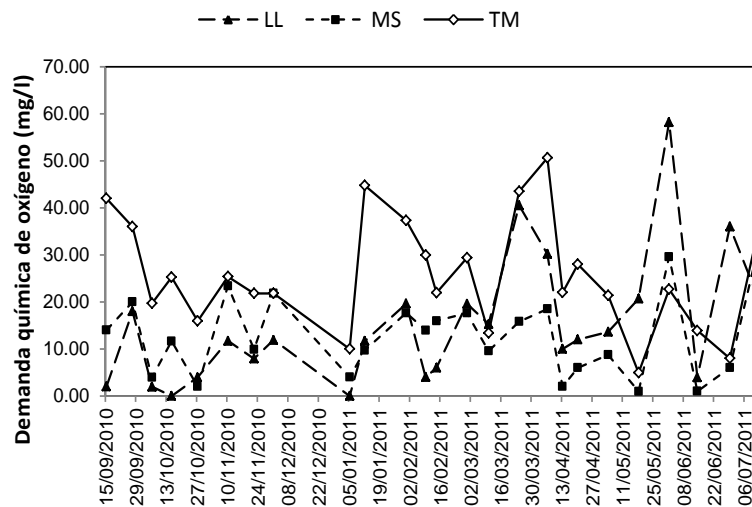
Figura 4.14 Variación de los sólidos suspendidos totales en las estaciones LL, MS y TM



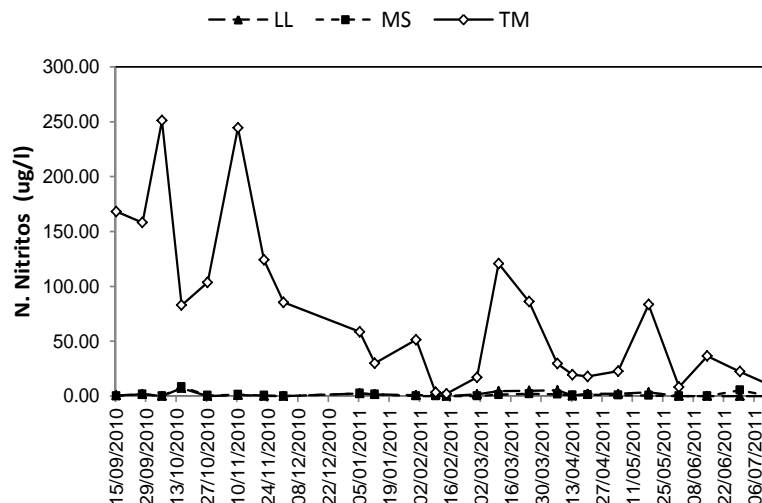
Caso contrario ocurre con la demanda bioquímica de oxígeno, debido a su proporción inversa que tiene con el oxígeno disuelto. Es decir, las concentraciones de demanda bioquímica de oxígeno en la estación de TM son mayores comparados con LL y MS (ver Figura 4.16).

Figura 4.15 Variación temporal del oxígeno disuelto en las estaciones LL, MS y TM**Figura 4.16** Variación temporal de la demanda bioquímica de oxígeno en las estaciones LL, MS y TM

La demanda química de oxígeno (Figura 4.17), tiene un comportamiento similar al observado con la demanda bioquímica de oxígeno. Las concentraciones promedio de DQO varían de estación en estación, registrando un valor mínimo de 0.97 mg/l en la estación MS y un valor máximo reportado en la estación LL con 229.22 mg/l el 23/07/2014, un valor anómalo considerando que la microcuenca de Llaviuco no existen asentamientos humanos que puedan contaminar el agua.

Figura 4.17 Variación temporal de la demanda química de oxígeno en las estaciones LL, MS y TM

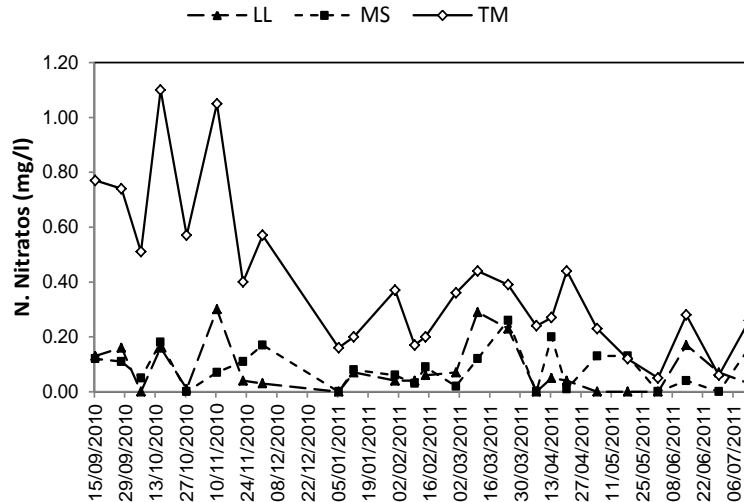
La Figura 4.18, presenta la concentración de nitritos en las tres estaciones. Las mayores concentraciones se observan en la época de caudales medios sobre todo en la estación TM, la cual registra los valores más altos de concentración a lo largo del periodo de monitoreo. La variación de las concentraciones en las estaciones LL y MS es de carácter mínimo, en algunos casos reportando valores de concentración de 0 ug/l. Además, se observa en algunas fechas que la concentración de nitritos en MS es menor a LL, debido a la oxidación de nitritos a nitratos.

Figura 4.18 Variación temporal de los nitritos en las estaciones LL, MS y TM

La concentración de nitratos se presenta en la Figura 4.19. La estación TM presenta los valores más altos de concentración, durante el periodo de

monitoreo, debiéndose su incremento posiblemente a los escurrimientos agrícolas, donde se emplean cantidades de fertilizantes nitrogenados.

Figura 4.19 Variación temporal de los nitratos en las estaciones LL, MS y TM



La concentración de coliformes totales y *E. Coli* en la estación LL es baja como se esperaba, incrementándose su valor en el tramo en estudio hasta la estación TM. Los niveles de *E. Coli* en la estación LL confirma que aguas arriba de esta estación existe una contaminación muy pequeña por desechos fecales.

4.3.2. Base de datos sobre calidad de agua en las fuentes puntuales de contaminación

En esta sección se presenta los resultados de las muestras de agua recogidas en las 11 fuentes puntuales de contaminación identificadas en el numeral 4, en las épocas de caudal alto (29/06/2011 y 23/07/2014), medio (15/06/2011) y bajo (25/09/2014), para los parámetros: sólidos suspendidos totales, nitratos, demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno. Estos resultados representan la masa W del contaminante, para ser utilizados en la ecuación (4).

- **Concentración de contaminantes en la época de caudal alto (29/06/2011)**

Para el muestreo de agua realizado el 29/06/2011 el caudal en la estación Tomebamba en Monay reporta $31.09 \text{ m}^3/\text{s}$, los resultados de las muestras de agua recogidas en las 11 fuentes puntuales de contaminación se presentan en

la Tabla 4.15. La mayor concentración de SST pertenece a la fuente puntual de contaminación TM2 (596 mg/l), sector fábrica ITALPISOS. El día del monitoreo se pudo observar el vertimiento de agua de origen industrial con alto contenido de sólidos al río Tomebamba, como se observa en la Foto 4.17, superando el límite máximo permisible descrito en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ecuador (TULAS) con un valor de 100 mg/l . (Ver anexo 7.5).

Tabla 4.15 Concentración de contaminantes, caudal alto (29/06/2011)

ESTACIÓN	HORA h:mm	W_{SST} mg/l	W_{NO_3} mg/l	$W_{D.B.O}$ mg/l	$W_{D.Q.O}$ mg/l
CB	6:02	53.00	0.07	2.40	26.00
TQ1	8:25	14.00	0.00	1.00	20.00
TQ2	9:15	24.00	0.01	1.38	28.00
TQ3	13:27	91.00	0.04	24.90	96.00
TQ4	13:50	165.00	0.00	104.00	280.00
YN1	13:17	13.00	0.13	1.60	78.00
YN2	15:20	25.00	0.01	8.40	28.00
TM1	13:44	10.00	0.00	11.30	38.00
TM2	14:08	596.00	0.03	4.46	26.00
TM3	15:45	146.00	0.19	6.90	28.00
LL1	12:10	1.00	0.00	0.25	4.00

Elaboración: Diego Vintimilla P.

Foto 4.17 Fuente puntual de contaminación, sector ITALPISOS (29/06/2011)

Vertido de agua industrial con alto contenido de sólidos

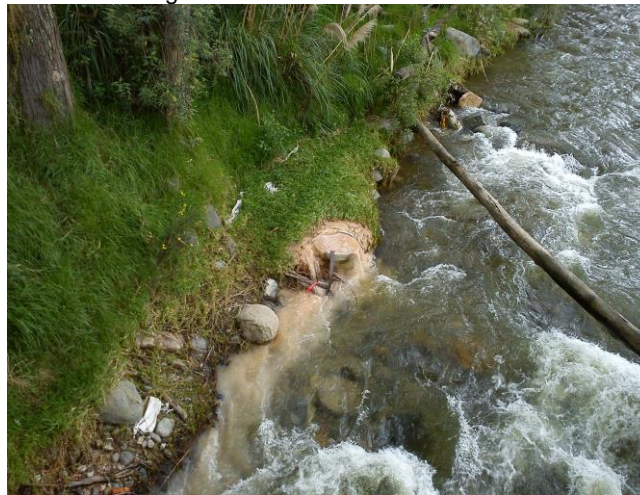


Foto: Diego Vintimilla, 2011

En la estación TM3, se observa la mayor concentración de nitratos (0.19 mg/l), debido a compuestos nitrogenados vertidos directamente al río Tomebamba por las “lavadoras de carros” en el sector de Monay, que operaban en ese entonces (ver Foto 4.15).

La estación TQ4, en el sector Tres Marías, cuyo vertido hacia el río Tarqui es de origen residual e industrial, presenta la mayor contaminación orgánica



comparada con el resto de estaciones, alcanzando una concentración de 104 mg/l e incluso superando el límite máximo permisible de 100 mg/l descrito en el TULAS. La mayor concentración de *D.Q.O.* pertenece a esta misma estación.

- **Concentración de contaminantes en la época de caudal alto (23/07/2014)**

La Tabla 4.16, presenta la concentración de contaminantes en las fuentes puntuales de contaminación para la fecha 23/07/2014 con un caudal de 52.33 m³/s correspondiente a caudal alto. Se observa una disminución considerable del parámetro *SST* en la estación TM3, comparado con las campañas de muestreo realizadas en el año 2011. Su reducción probablemente se debe a la reubicación de las “lavadoras de carros” del sector de Monay a mediados de octubre de 2012.

Tabla 4.16 Concentración de contaminantes, caudal alto (23/07/2014)

ESTACIÓN	HORA h:mm	W_{SST} mg/l	W_{NO_3} mg/l	$W_{D.B.O}$ mg/l	$W_{D.Q.O}$ mg/l
CB	10:50	5.00	0.16	14.50	1 593.60
TQ1	11:12	3.00	0.16	7.60	1 553.76
TQ2	11:40	5.00	0.13	9.40	179.39
TQ3	12:10	10.00	0.15	8.00	209.28
TQ4	12:46	2.00	0.19	5.40	83.05
YN1	13:20	4.00	0.10	3.80	53.15
YN2	17:04	8.00	0.13	3.96	3.98
TM1	15:45	3.00	0.07	2.30	23.25
TM2	16:00	7.00	0.14	3.40	26.57
TM3	17:04	1.00	0.20	3.60	3.98
LL1	15:03	1.00	0.17	3.20	3.32

Elaboración: Diego Vintimilla P.

La menor concentración de nitratos (NO_3) se presenta en la estación Sayausí (TM1).

Así mismo en la Tabla 4.16, se observa que la contaminación orgánica (*D.B.O*) disminuye su concentración comparado con las campañas de muestreo realizadas en el 15/06/2011 y 29/06/2011.

Llama la atención los valores altos reportados en las estaciones CB y TQ1 para el parámetro *D.Q.O.*, superando el límite permisible de 250 mg/l indicado en el TULAS.



- **Concentración de contaminantes en la época de caudal medio (15/06/2011)**

Con referencia a la Tabla 4.17 y para un caudal de 13.44 m³/s en la estación Tomebamba en Monay, considerado en esta investigación como caudal medio, la estación TM2, presenta la mayor concentración de SST con 303 mg/l, provenientes de los residuos industriales de la fábrica ITALPISOS. Nuevamente superando el límite máximo permisible descrito en el TULAS. Así mismo, en la estación CB y TM3 la concentración de SST supera el valor máximo permisible de 100 mg/l.

Tabla 4.17 Concentración de contaminantes, caudal medio (15/06/2011)

ESTACIÓN	HORA h:mm	W _{SST} mg/l	W _{NO3} mg/l	W _{D.B.O} mg/l	W _{D.Q.O} mg/l
CB	6:08	201.00	0.19	12.19	29.82
TQ1	8:22	19.00	0.17	1.38	35.78
TQ2	9:23	21.00	0.07	9.65	17.89
TQ3	13:10	61.00	0.14	40.20	97.41
TQ4	13:25	58.00	0.25	10.43	21.87
YN1	13:29	15.00	0.23	1.45	13.92
YN2	15:18	30.00	0.06	10.44	27.83
TM1	13:58	66.00	0.07	37.22	78.53
TM2	14:23	303.00	0.03	4.96	24.85
TM3	15:45	103.00	0.14	6.52	40.75
LL1	12:10	2.00	0.37	0.59	1.98

Elaboración: Diego Vintimilla P.

Con respecto a la máxima concentración de nitratos, ésta se presenta en la estación LL1 (0.37 mg/l), ubicada a la salida de la microcuenca de Llaviuco, un resultado a tener en cuenta ya que esta microcuenca no presenta fuentes puntuales de contaminación, pudiendo probablemente su mayor concentración deberse a actividades agrícolas y ganaderas en la zona.

La mayor concentración del parámetro *D.B.O* se presenta en la estación TQ3, sector la Calera, con un valor de 40.20 mg/l. En esta estación, el caudal del efluente de aguas residuales es considerable (Foto 4.9), sin embargo la concentración encontrada es inferior al límite de descarga permisible a un cuerpo de agua dulce de 100 mg/l indicado en el TULAS. Similar comportamiento ocurre con la *D.Q.O*.

- **Concentración de contaminantes en la época de caudal bajo (25/09/2014)**



La Tabla 4.18, presenta la concentración de contaminantes en las fuentes puntuales de contaminación para condiciones de caudal bajo de 8.70 m³/s dadas el 25/09/2014.

La mayor concentración de SST corresponde a la estación TQ2 (82 mg/l) sector Tarqui, sin embargo, este valor es inferior al límite máximo permisible indicado en el TULAS.

Para esta época de caudal bajo, en la mayoría de las fuentes puntuales de contaminación, los nitratos presentan valores de concentración superiores a los encontrados en épocas de caudal medio y alto.

Tener en cuenta el valor alto de concentración reportado en las estaciones TQ4 y TM3 para el parámetro D.Q.O, superando el límite permisible de 250 mg/l indicado en el TULAS.

Tabla 4.18 Concentración de contaminantes, caudal bajo (25/09/2014)

ESTACIÓN	HORA h:mm	W _{SST} mg/l	W _{NO₃} mg/l	W _{D.B.O} mg/l	W _{D.Q.O} mg/l
CB	10:28	6.00	0.22	2.89	117.42
TQ1	11:43	10.00	0.20	0.72	64.05
TQ2	12:50	82.00	0.15	3.07	56.93
TQ3	14:00	11.00	0.16	0.76	64.05
TQ4	14:20	26.00	0.20	0.62	772.17
YN1	14:50	6.00	0.11	0.09	28.46
YN2	16:07	12.00	0.41	0.63	56.37
TM1	12:50	3.00	0.15	2.60	28.46
TM2	13:15	3.00	0.17	1.10	10.67
TM3	14:00	13.00	0.27	4.20	526.64
LL1	13:45	2.00	0.18	0.90	10.67

Elaboración: Diego Vintimilla P.

4.4.RESULTADOS DEL TRANSPORTE DE CONTAMINANTES (CONTAMINACIÓN PUNTUAL)

Los resultados del transporte de contaminantes, es decir las concentraciones de los parámetros SST, NO₃, DBO y DQO desde las 11 fuentes puntuales de contaminación transportadas hacia las estaciones de monitoreo continuo MS y TM para las temporadas de caudal alto, medio y bajo, se presenta en la Tabla 4.19. Los parámetros hidrológicos h , B , x , U , S , u^* , D_L y Ω fueron definidos en el numeral 3.5 y $t = x/U$, es el tiempo de viaje desde la fuente de contaminación al punto de análisis.



La concentración del contaminante (W) encontrado en las 11 fuentes de contaminación puntual, se diluye en valores próximos al 90 % de una fuente a otra.

En la temporada de caudal medio dada en el rango $10 \text{ m}^3/\text{s} - 30 \text{ m}^3/\text{s}$, los SST presentan su mayor concentración en la estación TM.

Los nitritos (NO_3) en las épocas de caudales altos y medios reportan valores próximos a cero (0) en las estaciones de MS y TM.

Cuando las condiciones de caudal son bajos ($< 10 \text{ m}^3/\text{s}$) se evidencia la presencia de los nitratos en las estaciones MS y TM.

La concentración del parámetro DBO en la estación MS, se comporta inversamente proporcional al caudal, es decir, a mayor caudal menor concentración. Lo contrario ocurre en la estación TM también para el parámetro de la DQO .



Tabla 4.19 Resultados del transporte de contaminantes en las estaciones MS y TM

CAUDAL	FECHA	ESTACION DE MONITOREO CONTINUO		DESDE ESTACIÓN	HACIA ESTACIÓN	COEFICIENTE DE DISPERSION							TRANSPORTE DE CONTAMINANTES						
		CÓDIGO	CAUDAL (m³/s)			h (m)	B (m)	x (m)	U (m/s)	S (m/m)	g (m/s²)	u* (m/s)	D _L (m²/s)	Ω (m²)	t (s)	C _{max} SST (mg/l)	C _{max} NO ₃ (mg/l)	C _{max} DBO (mg/l)	C _{max} DQO (mg/l)
ALTO	29/06/2011	MS	3.49	LL1	MS	0.45	4.99	6105.68	1.80	0.06	9.81	0.53	3.74	2.02	3384.44	0.001	0.000	0.000	0.005
		TM	31.09	CB	TQ1	0.08	3.19	7717.03	0.86	0.03	9.81	0.15	6.72	0.19	9017.69	0.319	0.000	0.014	0.157
				TQ1	TQ2	0.08	8.66	3564.25	0.83	0.03	9.81	0.15	47.41	0.51	4280.68	0.017	0.000	0.001	0.024
				TQ2	TQ3	0.25	7.91	12164.86	1.02	0.03	9.81	0.26	11.13	1.42	11953.68	0.013	0.000	0.001	0.015
				TQ3	TQ4	0.26	11.10	1759.05	1.60	0.03	9.81	0.26	49.60	2.11	1102.24	0.052	0.000	0.014	0.055
				YN1	YN2	0.34	10.55	7829.84	2.38	0.03	9.81	0.33	61.72	2.60	3296.50	0.003	0.000	0.000	0.019
				TQ4	YN2	0.21	23.59	5866.15	1.69	0.03	9.81	0.23	361.31	2.90	3474.38	0.014	0.000	0.009	0.024
				YN2	TM3	0.34	29.70	2067.01	2.38	0.03	9.81	0.32	505.09	7.17	870.25	0.001	0.000	0.000	0.002
				TM1	TM2	0.43	11.10	3308.50	0.51	0.06	9.81	0.52	1.58	3.42	6502.13	0.008	0.000	0.009	0.031
				TM2	TM3	0.44	36.08	9358.47	1.90	0.06	9.81	0.53	221.33	11.50	4934.44	0.014	0.000	0.000	0.001
	TM3	TM	0.45	37.75	1524.27	2.06	0.06	9.81	0.53	278.59	11.68	740.49	0.008	0.000	0.000	0.001			
	TM												0.450	0.000	0.050	0.329			
	23/07/2014	MS	3.01	LL1	MS	0.76	8.40	6105.68	3.04	0.06	9.81	0.69	13.74	3.40	2011.22	0.000	0.000	0.002	0.002
		TM	52.33	CB	TQ1	0.14	5.37	7717.03	1.44	0.03	9.81	0.19	24.67	0.32	5358.81	0.012	0.000	0.035	3.862
				TQ1	TQ2	0.14	14.57	3564.25	1.40	0.03	9.81	0.19	174.15	0.86	2543.82	0.001	0.000	0.004	0.765
				TQ2	TQ3	0.42	13.31	12164.86	1.71	0.03	9.81	0.33	40.88	2.39	7103.54	0.001	0.000	0.002	0.039
				TQ3	TQ4	0.44	18.68	1759.05	2.69	0.03	9.81	0.34	182.21	3.55	655.01	0.002	0.000	0.002	0.048
				YN1	YN2	0.58	17.75	7829.84	4.00	0.03	9.81	0.42	226.74	4.38	1958.96	0.000	0.000	0.000	0.005
				TQ4	YN2	0.35	39.70	5866.15	2.84	0.03	9.81	0.30	1327.23	4.87	2064.67	0.000	0.000	0.000	0.003
				YN2	TM3	0.56	49.97	2067.01	4.00	0.03	9.81	0.42	1855.39	12.07	517.15	0.000	0.000	0.000	0.000
TM1				TM2	0.72	18.68	3308.50	0.86	0.06	9.81	0.67	5.82	5.76	3863.92	0.001	0.000	0.001	0.008	
TM2				TM3	0.74	60.72	9358.47	3.19	0.06	9.81	0.68	813.04	19.34	2932.32	0.000	0.000	0.000	0.000	
TM3	TM	0.76	63.52	1524.27	3.46	0.06	9.81	0.69	1023.37	19.66	440.04	0.000	0.000	0.000	0.000				
TM												0.019	0.001	0.044	4.730				
MEDIO	15/06/2011	MS	1.04	LL1	MS	0.19	2.16	6105.68	0.78	0.06	9.81	0.35	0.46	0.87	7827.79	0.011	0.002	0.003	0.011
		TM	13.44	CB	TQ1	0.04	1.38	7717.03	0.37	0.03	9.81	0.10	0.83	0.08	20856.84	5.253	0.005	0.319	0.779
				TQ1	TQ2	0.04	3.74	3564.25	0.36	0.03	9.81	0.10	5.83	0.22	9900.69	0.101	0.001	0.007	0.190
				TQ2	TQ3	0.11	3.42	12164.86	0.44	0.03	9.81	0.17	1.37	0.62	27647.41	0.050	0.000	0.023	0.042
				TQ3	TQ4	0.11	4.80	1759.05	0.69	0.03	9.81	0.17	6.10	0.91	2549.35	0.151	0.000	0.100	0.242
				YN1	YN2	0.15	4.56	7829.84	1.03	0.03	9.81	0.21	7.59	1.12	7624.40	0.016	0.000	0.002	0.015
				TQ4	YN2	0.09	10.20	5866.15	0.73	0.03	9.81	0.15	44.41	1.25	8035.82	0.022	0.000	0.004	0.008
				YN2	TM3	0.14	12.84	2067.01	1.03	0.03	9.81	0.21	62.08	3.10	2012.78	0.008	0.000	0.003	0.007
				TM1	TM2	0.18	4.80	3308.50	0.22	0.06	9.81	0.34	0.19	1.48	15038.64	0.232	0.000	0.131	0.277
				TM2	TM3	0.19	15.60	9358.47	0.82	0.06	9.81	0.35	27.21	4.97	11412.77	0.031	0.000	0.001	0.003
TM3	TM	0.19	16.32	1524.27	0.89	0.06	9.81	0.35	34.24	5.05	1712.66	0.024	0.000	0.002	0.009				
TM												5.887	0.007	0.590	1.571				
BAJO	25/09/2014	MS	0.55	LL1	MS	0.13	1.40	6105.68	0.51	0.06	9.81	0.28	0.16	0.57	12089.45	0.023	0.666	0.084	0.010
		TM	8.7	CB	TQ1	0.02	0.89	7717.03	0.24	0.03	9.81	0.08	0.28	0.05	32211.86	0.336	1.836	0.411	0.162
				TQ1	TQ2	0.02	2.42	3564.25	0.23	0.03	9.81	0.08	1.97	0.14	15290.90	0.114	1.281	0.087	0.008
				TQ2	TQ3	0.07	2.21	12164.86	0.28	0.03	9.81	0.14	0.46	0.40	42699.39	0.414	0.137	0.034	0.015
				TQ3	TQ4	0.07	3.11	1759.05	0.45	0.03	9.81	0.14	2.06	0.59	3937.28	0.058	0.108	0.040	0.004
				YN1	YN2	0.10	2.95	7829.84	0.66	0.03	9.81	0.17	2.56	0.73	11775.33	0.013	0.013	0.015	0.000
				TQ4	YN2	0.06	6.60	5866.15	0.47	0.03	9.81	0.12	14.98	0.81	12410.74	0.021	0.018	0.006	0.001
				YN2	TM3	0.09	8.31	2067.01	0.66	0.03	9.81	0.17	20.94	2.01	3108.59	0.007	0.032	0.004	0.000
				TM1	TM2	0.12	3.11	3308.50	0.14	0.06	9.81	0.27	0.07	0.96	23226.07	0.023	0.056	0.058	0.020
				TM2	TM3	0.12	10.10	9358.47	0.53	0.06	9.81	0.28	9.18	3.22	17626.18	0.001	0.011	0.001	0.000
TM3	TM	0.13	10.57	1524.27	0.58	0.06	9.81	0.28	11.55	3.27	2645.08	0.006	0.025	0.003	0.002				
TM												0.992	3.516	0.659	0.212				

Elaboración: Diego Vintimilla P.

U: velocidad. D_L: coeficiente de dispersión. h: profundidad. B: anchura. Ω: sección transversal. S: pendiente. t: tiempo de viaje



4.5. RESULTADOS DE CONTAMINACIÓN DIFUSA C_D EN LAS ESTACIONES DE MONITOREO CONTINUO

Como se mencionó en el numeral 3.6, para determinar la contaminación difusa C_D en las estaciones de monitoreo continuo, previamente se encuentran los valores de la contaminación total de los parámetros SST , NO_3 , DBO y DQO en las estaciones LL, MS y TM expresados como el promedio de los valores registrados para la temporada de caudal alto, medio y bajo. Los resultados de la contaminación total C_T se presentan en la Tabla 4.20. Obsérvese que para la temporada de caudal alto se tienen 10 campañas de monitoreo, 6 para caudal medio y 11 para caudal bajo. De igual manera se puede observar la variación espacial que presentan los valores de concentración desde la estación LL hasta TM.

Tabla 4.20 Contaminación Total en las estaciones de monitoreo continuo

TEMPORADA DE CAUDAL	FECHA DE CAMPO dd/mm/aaaa	SST mg/l			NO ₃ mg/l			DBO mg/l			DQO mg/l		
		LL	MS	TM	LL	MS	TM	LL	MS	TM	LL	MS	TM
ALTO	09/02/2011	3.00	8.00	43.00	0.04	0.03	0.17	1.01	1.20	5.77	4.00	13.97	29.94
	14/02/2011	0.00	6.00	42.00	0.06	0.09	0.20	0.29	0.56	1.99	6.00	15.97	21.96
	06/04/2011	0.00	7.00	141.00	0.00	0.00	0.24	0.66	1.86	9.49	30.19	18.50	50.65
	13/04/2011	1.00	2.00	27.00	0.05	0.20	0.27	1.53	1.88	8.28	10.00	2.00	22.00
	20/04/2011	0.00	0.00	52.00	0.04	0.01	0.44	0.01	0.79	5.79	12.00	6.00	28.00
	04/05/2011	0.00	2.00	16.00	0.00	0.13	0.23	0.09	0.11	3.55	13.62	8.76	21.41
	01/06/2011	4.00	10.00	20.00	0.00	0.00	0.05	5.48	9.45	2.36	58.23	29.61	22.70
	29/06/2011	0.00	1.00	22.00	0.07	0.00	0.06	2.44	1.25	2.65	36.00	6.00	8.00
	13/07/2011	0.00	10.00	46.00	0.03	0.16	0.26	0.48	1.27	2.35	19.68	33.45	37.39
	23/07/2014	1.00	1.00	5.00	0.13	0.15	0.22	14.50	1.65	3.00	229.22	49.83	9.96
	MAXIMO =	4.00	10.00	141.00	0.13	0.20	0.44	14.50	9.45	9.49	229.22	49.83	50.65
	MINIMO =	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.05	0.01	0.11	1.99	4.00	2.00	8.00
	MEDIA =	0.90	4.70	41.40	0.04	0.08	0.21	2.65	2.00	4.52	41.89	18.41	25.20
MEDIO	05/01/2011	0.00	2.00	8.00	0.00	0.00	0.16	1.50	1.63	5.69		4.00	10.00
	12/01/2011	0.00	2.00	9.00	0.07	0.08	0.20	0.61	0.64	3.04	11.70	9.73	44.76
	28/02/2011	0.00	1.00	11.00	0.07	0.02	0.36	0.21	0.85	2.90	19.60	17.64	29.40
	24/03/2011	0.00	5.00	23.00	0.23	0.26	0.39	1.32	1.14	2.04	40.55	15.82	43.50
	18/05/2011	0.00	3.00	12.00	0.00	0.13	0.12	0.01	1.62	5.97	20.71	0.97	4.93
	14/06/2011	1.00	7.00	12.00	0.17	0.04	0.28	0.01	0.02	6.25	3.98	1.00	13.92
	MAXIMO =	1.00	7.00	23.00	0.23	0.26	0.39	1.50	1.63	6.25	40.55	17.64	44.76
	MINIMO =	0.00	1.00	8.00	0.00	0.00	0.12	0.01	0.02	2.04	3.98	0.97	4.93
	MEDIA =	0.17	3.33	12.50	0.09	0.09	0.25	0.61	0.98	4.32	19.31	8.19	24.42
BAJO	15/09/2010	2.00	3.00	69.00	0.13	0.12	0.77	1.45	1.36	5.05	2.00	14.00	42.00
	27/09/2010	0.00	0.00	41.00	0.16	0.11	0.74	1.72	0.38	8.50	18.00	20.00	36.00
	06/10/2010	0.00	0.00	48.00	0.00	0.05	0.51	0.44	0.70	5.51	1.96	3.94	19.68
	15/10/2010	0.00	4.00	39.00	0.16	0.18	1.10	0.74	2.79	8.86	31,1*	11.66	25.27
	27/10/2010	0.00	3.00	45.00	0.01	0.00	0.57	1.01	0.92	4.74	3.98	1.99	15.94
	10/11/2010	0.00	2.00	17.00	0.30	0.07	1.05	1.56	1.13	4.82	11.71	23.42	25.38



22/11/2010	0.00	6.00	21.00	0.04	0.11	0.40	1.80	1.54	5.50	7.94	9.92	21.82
01/12/2010	2.00	6.00	37.00	0.03	0.17	0.57	3.05	2.51	5.49	11.90	21.82	21.82
31/01/2011	0.00	2.00	22.00	0.04	0.06	0.37	1.27	1.84	5.17	19.64	17.67	37.32
10/03/2011	0.00	1.00	4.00	0.29	0.12	0.44	0.32	0.00	2.04	15.30	9.56	13.38
25/09/2014	2.00	2.00	12.00	0.24	0.30	0.41	0.65	0.69	1.90	12.45	3.55	39.14
MAXIMO =	2.00	6.00	69.00	0.30	0.30	1.10	3.05	2.79	8.86	19.64	23.42	42.00
MINIMO =	0.00	0.00	4.00	0.00	0.00	0.37	0.32	0.00	1.90	1.96	1.99	13.38
MEDIA =	0.55	2.64	32.27	0.13	0.12	0.63	1.27	1.26	5.23	10.49	12.50	27.07

Elaboración: Diego Vintimilla P.

Una vez encontrada la C_T , se obtiene la contaminación difusa C_D presentada en la Tabla 4.21 para las temporadas de caudal alto (29/06/2011 y 23/07/2014), medio (15/06/2011) y bajo (25/09/2014). Obsérvese, que a medida que el uso del suelo en las tres cuencas en estudio, Llaviuco, Matadero y Tomebamba cambia, desde el uso de suelo páramo, pasando por el agrícola y finalmente el urbano respectivamente, la concentración de contaminación difusa crece. Sin embargo, esto no ocurre con los valores negativos (entre paréntesis) de la contaminación difusa para los nitratos (NO_3) en la época de caudal bajo presentes en las estaciones MS y TM. En estas estaciones de monitoreo continuo, la contaminación puntual encontrada es superior a la contaminación total registrada.

La Tabla 4.21, también denota la alta variación espacial que tiene la contaminación difusa.

De igual manera se observa que los valores de contaminación difusa disminuyen cuando las condiciones de caudal corresponden a caudal medio entre los 10 y 30 m³/s.

Tabla 4.21 Resultados de contaminación difusa “ C_D ” en las estaciones de monitoreo continuo

CAUDAL	FECHA	PARÁMETRO	LL			MS			TM		
			C_T (mg/l)	C_P (mg/l)	C_D (mg/l)	C_T (mg/l)	C_P (mg/l)	C_D (mg/l)	C_T (mg/l)	C_P (mg/l)	C_D (mg/l)
ALTO	29/06/2011	SST	0.90	0.00	0.90	4.70	0.00	4.70	41.40	0.45	40.95
	23/07/2014			0.00	0.90		0.00	4.70		0.02	41.38
	MEDIO			15/06/2011	0.17		0.00	0.17		3.33	0.01
BAJO	25/09/2014	0.55	0.00	0.55	2.64	0.02	2.61	32.27	0.99	31.28	
ALTO	29/06/2011	NO ₃	0.04	0.00	0.04	0.08	0.00	0.08	0.21	0.00	0.21
	23/07/2014			0.00	0.04		0.00	0.08		0.00	0.21
	MEDIO			15/06/2011	0.09		0.00	0.09		0.09	0.00
BAJO	25/09/2014	0.13	0.00	0.13	0.12	0.67	(0.55)	0.63	3.52	(2.89)	
ALTO	29/06/2011	DBO	2.65	0.00	2.65	2.00	0.00	2.00	4.52	0.05	4.47
	23/07/2014			0.00	2.65		0.00	2.00		0.04	4.48
	MEDIO			15/06/2011	0.61		0.00	0.61		0.98	0.00
BAJO	25/09/2014	1.27	0.00	1.27	1.26	0.08	1.18	5.23	0.66	4.58	
ALTO	29/06/2011	DQO	21.08	0.00	21.08	18.41	0.00	18.40	25.20	0.33	24.87
	23/07/2014			0.00	21.08		0.00	18.41		4.73	20.47



MEDIO	15/06/2011	19.31	0.00	19.31	9.22	0.01	9.21	24.42	1.57	22.85
BAJO	25/09/2014	10.49	0.00	10.49	9.04	0.01	9.03	22.80	0.21	22.59

Elaboración: Diego Vintimilla P. *C_T*: contaminación total, *C_P*: contaminación puntual, *C_D*: contaminación difusa. () Valores negativo

4.6. TASAS DE CONTAMINACION DIFUSA (E) CON RESPECTO AL USO DE SUELO PRESENTE EN LA CUENCA DE ESTUDIO

4.6.1. Carga de contaminación difusa

Con los resultados indicados en la Tabla 4.21, se determina la carga de SST, NO_3 , DBO y DQO en las temporadas de caudal alto, medio y bajo y para las cuencas de Llaviuco, Matadero y Tomebamba. Estos resultados se presentan en la Tabla 4.22. La carga es usada en este estudio para señalar la masa de sólidos (SST), nutrientes (NO_3) y materia orgánica (DBO y DQO) que corre por el cuerpo de agua en un periodo determinado. En esta misma tabla se observa que la carga aportada por sólidos, nutrientes y materia orgánica se presenta en mayor cantidad en la cuenca del río Tomebamba, seguido de la de Matadero y finalmente la de Llaviuco.

De lo señalado en el párrafo anterior, se concluye que la cuenca de Tomebamba es la más intervenida debido al crecimiento urbano, la industrialización y la alteración de las condiciones naturales, motivo por el cual se debe implementar políticas o estrategias de ordenamiento y manejo de la misma.

La mayor tasa de contaminación difusa estimada por sólidos suspendidos totales (SST) se presenta en la temporada de caudales altos ($> 30 \text{ m}^3/\text{s}$) con 187 097 kg/d, de los cuales, Llaviuco y Matadero aportan con 164 kg/d y 1 058 kg/d respectivamente y la cuenca de Tomebamba con 185 876 kg/d. A efectos de comparación, la carga de SST transportados por el río Bogotá (uno de los más contaminados de Colombia) es del orden de 322 000 kg/d en el año 2011 (Secretaría Distrital de Ambiente, 2002).

La carga de nitratos es poco elevada en este estudio, con una carga máxima estimada de 964 kg/d, de los cuales Llaviuco aporta con 8 kg/d, con 12 kg/d la microcuenca de Matadero y Tomebamba con 944 kg/d. Sus principales fuentes pueden provenir de desechos animales, aguas residuales, fertilizantes, etc., los cuales están relacionados con los usos de suelo característicos del área de estudio.



Importante indicar que cuando las condiciones de caudal son bajas, no existe aporte de nitratos en la cuenca de estudio.

Tabla 4.22 Carga de contaminación difusa (L en kg/d)

CUENCA	USO DEL SUELO		CAUDAL ALTO: 52.33 m ³ /s				CAUDAL ALTO : 31.09 m ³ /s				
	TIPO	AREA (km ²) (%)	L SST (kg/d)	L NO ₃ (kg/d)	L DBO (kg/d)	L DQO (kg/d)	L SST (kg/d)	L NO ₃ (kg/d)	L DBO (kg/d)	L DQO (kg/d)	
LLAVIUCO	Páramo	35.53	69.18								
	Bosque nativo	12.36	24.07								
	Bosque exótico	1.42	2.76								
	Agrícola	0	0.00	164.2	7.64	483.29	3 845.88	143.82	6.7	423.31	3 368.60
	Zonas urbanas	0.16	0.31								
	Otros	1.89	3.68								
	Total =	51.36	100.00								
MATADERO	Páramo	145.25	58.58								
	Bosque nativo	77.53	31.27								
	Bosque exótico	16.14	6.51								
	Agrícola	2.03	0.82	1 057.94	12.33	36.93	941.07	1 273.02	16.49	180.27	2 180.88
	Zonas urbanas	3.33	1.34								
	Otros	3.66	1.48								
	Total =	247.94	100.00								
TOMBAMBA	Páramo	363.42	37.23								
	Bosque nativo	244.48	25.05								
	Bosque exótico	176.25	18.06								
	Agrícola	114.56	11.74	185 875.63	944.05	19 715.99	87 769.20	108 581.12	549.79	11 411.04	61 261.28
	Zonas urbanas	73.16	7.50								
	Otros	4.17	0.43								
	Total =	976.04	100.00								
TOMBAMBA EN MONAY	1,275.34		187 097.77	964.03	20 236.21	92 556.15	109 997.97	572.98	12 014.62	66 810.76	

CUENCA	USO DEL SUELO		CAUDAL MEDIO: 13.44 m ³ /s				CAUDAL BAJO: 8.7 m ³ /s				
	TIPO	AREA (km ²) (%)	L SST (kg/d)	L NO ₃ (kg/d)	L DBO (kg/d)	L DQO (kg/d)	L SST (kg/d)	L NO ₃ (kg/d)	L DBO (kg/d)	L DQO (kg/d)	
LLAVIUCO	Páramo	35.53	69.18								
	Bosque nativo	12.36	24.07								
	Bosque exótico	1.42	2.76								
	Agrícola	0	0.00	6.44	0.00	0.00	745.49	18.08	-	0.00	347.63
	Zonas urbanas	0.16	0.31								
	Otros	1.89	3.68								
	Total =	51.36	100.00								
MATADERO	Páramo	145.25	58.58								
	Bosque nativo	77.53	31.27								
	Bosque exótico	16.14	6.51								
	Agrícola	2.03	0.82	292.12	7.76	88.07	82.33	106.11	-	55.88	81.28
	Zonas urbanas	3.33	1.34								
	Otros	3.66	1.48								
	Total =	247.94	100.00								
TOMBAMBA	Páramo	363.42	37.23								
	Bosque nativo	244.48	25.05								
	Bosque exótico	176.25	18.06								
	Agrícola	114.56	11.74	7 380.48	276.34	4 237.95	25 702.39	23 389.03	-	3 383.77	16 552.66
	Zonas urbanas	73.16	7.50								
	Otros	4.17	0.43								
	Total =	976.04	100.00								
TOMBAMBA EN MONAY	1,275.34		7 679.03	284.10	4 326.03	26 530.20	23 513.21	-	3 439.66	16 981.57	

 Elaboración: Diego Vintimilla P. L: carga de contaminación difusa. SST: sólidos suspendidos totales. NO₃: nitratos. DBO: demanda bioquímica de oxígeno. DQO: demanda química de oxígeno.



Tanto la *DBO* como la *DQO* son indicadores de la cantidad de materia orgánica presente en los ríos de la cuenca del río Tomebamba.

La carga diaria estimada por materia orgánica y para el indicador *DBO* es de 20 236 kg/d, de los cuales Llaviuco aporta con 483 kg/d, Matadero con 37 kg/d y la cuenca de Tomebamba con 19 716 kg/d (ver Tabla 4.22). Nótese nuevamente que las microcuencas que son menos intervenidas, como es el caso de Llaviuco y Matadero aportan poco con carga orgánica. Sin embargo, es importante reconocer el hecho de que Llaviuco aporta con mayor carga orgánica comparado con la microcuenca de Matadero, para las condiciones de caudal alto ($> 30 \text{ m}^3/\text{s}$). Es decir que posiblemente existan fuentes de contaminación puntual en Llaviuco y que no fueron identificadas en este estudio.

Un dato interesante resulta de comparar la carga de *DBO* encontrada, con la carga de *DBO* transportados por el río Bogotá (mencionado anteriormente), en el cual, la carga en el año 2014 es sobre los 200 000 kg/d (Secretaría Distrital de Ambiente, 2002).

Para la época de caudal medio y bajo, las dos microcuencas mencionadas anteriormente no aportan con materia orgánica.

Como en el caso de los *SST*, la cuenca del Tomebamba es la más intervenida, ya que presenta mayores cargas de *DBO* y *DQO* y por ende mayor contaminación.

En cuanto a la *DQO*, la carga orgánica diaria se estima en 92 556 kg/d para condiciones de caudal alto ($52 \text{ m}^3/\text{s}$).

4.6.2. Tasas de contaminación difusa

La Tabla 4.23, presenta las tasas de contaminación difusa (*E*) determinadas en este estudio, agrupando a los usos de suelo páramo - bosque nativo para la cuenca de Llaviuco, agrícola - bosque exótico para Matadero y urbano para Tomebamba. Los resultados se expresan en $\text{kg}/\text{d}/\text{km}^2$.



Tabla 4.23 Tasas de contaminación difusa asociado a los usos de suelos más representativos

CUENCA		USO DEL SUELO		CAUDAL ALTO: 52.33 m ³ /s							
NOMBRE	(km ²)	TIPO	(km ²) (%)	SST		NO ₃		DBO		DQO	
				(kg/d)	(kg/d/km ²)	(kg/d)	(kg/d/km ²)	(kg/d)	(kg/d/km ²)	(kg/d)	(kg/d/km ²)
LLAVIUCO	51.36	Páramo - bosque nativo	47.89 93.24	164.20	3.43	7.64	0.16	483.29	10.09	3 845.88	80.31
MATADERO	247.94	Agrícola - bosque exótico	18.17 7.33	1 057.94	58.22	12.33	0.68	36.93	2.03	941.07	51.79
TOMEBAMBA	976.04	Urbano	73.16 7.50	185 875.63	2 540.67	944.05	12.90	19 715.99	269.49	87 769.20	1 199.69

CUENCA		USO DEL SUELO		CAUDAL ALTO : 31.09 m ³ /s							
NOMBRE	(km ²)	TIPO	(km ²) (%)	SST		NO ₃		DBO		DQO	
				(kg/d)	(kg/d/km ²)	(kg/d)	(kg/d/km ²)	(kg/d)	(kg/d/km ²)	(kg/d)	(kg/d/km ²)
LLAVIUCO	51.36	Páramo - bosque nativo	47.89 93.24	143.82	3.00	6.70	0.14	423.31	8.84	3 368.60	70.34
MATADERO	247.94	Agrícola - bosque exótico	18.17 7.33	1 273.02	70.06	16.49	0.91	180.27	9.92	2 180.88	120.03
TOMEBAMBA	976.04	Urbano	73.16 7.50	108 581.12	1 484.16	549.79	7.51	11 411.04	155.97	61 261.28	837.36

CUENCA		USO DEL SUELO		CAUDAL MEDIO: 13.44 m ³ /s							
NOMBRE	(km ²)	TIPO	(km ²) (%)	SST		NO ₃		DBO		DQO	
				(kg/d)	(kg/d/km ²)	(kg/d)	(kg/d/km ²)	(kg/d)	(kg/d/km ²)	(kg/d)	(kg/d/km ²)
LLAVIUCO	51.36	Páramo - bosque nativo	47.89 93.24	6.44	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	745.49	15.57
MATADERO	247.94	Agrícola - bosque exótico	18.17 7.33	292.12	16.08	7.76	0.43	88.07	4.85	82.33	4.53
TOMEBAMBA	976.04	Urbano	73.16 7.50	7 380.48	100.88	276.34	3.78	4 237.95	57.93	25 702.39	351.32

CUENCA		USO DEL SUELO		CAUDAL BAJO: 8.7 m ³ /s							
NOMBRE	(km ²)	TIPO	(km ²) (%)	SST		NO ₃		DBO		DQO	
				(kg/d)	(kg/d/km ²)	(kg/d)	(kg/d/km ²)	(kg/d)	(kg/d/km ²)	(kg/d)	(kg/d/km ²)
LLAVIUCO	51.36	Páramo - bosque nativo	47.89 93.24	18.08	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	347.63	7.26
MATADERO	247.94	Agrícola - bosque exótico	18.17 7.33	106.11	5.84	0.00	0.00	55.88	3.08	81.28	4.47
TOMEBAMBA	976.04	Urbano	73.16 7.50	23 389.03	319.70	0.00	0.00	3 383.77	46.25	16 552.66	226.25

Elaboración: Diego Vintimilla P. E. tasa de contaminación difusa. SST: solidos suspendidos totales. NO₃: nitratos. DBO: demanda bioquímica de oxígeno. DQO: demanda química de oxígeno.



- *Con respecto a la cuenca de Llaviuco y su uso de suelo páramo y bosque nativo*

El páramo y el bosque nativo ocupan aproximadamente el 93 % de la cuenca.

En Llaviuco se determina una tasa de 3 kg/d/km² de SST con respecto al uso de suelo páramo-bosque nativo, representativo de esta cuenca. En condiciones de caudal medio y bajo, los valores encontrados son pequeños.

En cuanto a los nitratos, las tasas determinadas en este estudio, son poco elevadas para las temporadas de caudal alto (< 1 kg/d/km²), incluso cuando los caudales están en el rango de medio a bajo, prácticamente no existe aporte de nitratos en la cuenca ya sea por fuentes provenientes de desechos de animales y fertilizantes, considerando que no existen descargas al río Llaviuco.

Los valores bajos de nitratos tienen su fundamento en que los páramos son ecosistemas que inmovilizan nutrientes.

La tasa de *DBO* encontrada en este estudio fluctúa en el rango de 0 y 10 kg/d/km², mientras que para la *DQO* en el rango de 7 y 80 kg/d/km². Un valor bajo comparado con la cuenca del río Tomebamba.

La tasa de contaminación difusa determinada con el parámetro de la *DBO* es nula para caudales inferiores a 30 m³/s.

- *Con respecto a la cuenca de Matadero y su uso de suelo agrícola y bosque exótico*

El uso de suelo agrícola y bosque exótico ocupan 18 km² en esta cuenca, que representa el 7 %.

La tasa máxima encontrada de SST es de 70 kg/d/km² para el uso de suelo agrícola y bosque exótico en la temporada de caudales altos (> 30 m³/s) y la mínima es de 6 kg/d/km², correspondiente a caudales bajos.

El valor de la tasa de contaminación difusa por nitratos en las condiciones de caudal bajo, es nula. Para temporada húmeda, *E* es inferior a 1 kg/d/km².



Para la *DBO* la tasa de contaminación difusa varía entre 2 y 9 kg/d/km², mientras que para la *DQO* entre 4 y 120 kg/d/km².

- *Con respecto a la cuenca de Tomebamba y su uso de suelo urbano*

La zona urbana ocupa 73 km² en la cuenca, es decir el 8 %.

En esta cuenca, la tasa de contaminación difusa máxima por *SST*, es de 2 540 kg/d/km². En épocas de caudal medio y bajo la tasa determinada es de 16 y 6 kg/d/km², respectivamente.

Por nitratos, *E* es inferior a 13 kg/d/km². Obsérvese en la Tabla 4.23, que la tasa de contaminación difusa por nitratos es nula para la época de caudales bajos (< 10 m³/s).

La tasa de contaminación difusa por materia orgánica y para el indicador de la *DBO* es inferior a 270 kg/d/km², mientras que para la *DQO*, con respecto a la parte urbanizada de la cuenca es inferior a 1 200 kg/d/km².



CAPÍTULO

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- *Principales fuentes de contaminación puntual en la cuenca del río Tomebamba en Monay*

De las once (11) fuentes de contaminación puntual identificadas en la cuenca de estudio, cinco (5) pertenecen a la subcuenca del río Tarqui, dos (2) a la subcuenca del río Yanuncay y las restantes cuatro (4) a la subcuenca del río Tomebamba (2 en la microcuenca de Matadero). La microcuenca de Llaviuco, no presenta fuentes puntuales de contaminación.

Los vertidos se caracterizan por ser principalmente de origen residual e industrial.

Si bien se identificaron 11 fuentes de contaminación puntual, no se descarta la existencia de otros sitios, sobre todo las descargas clandestinas.

En las campañas de monitoreo realizadas en el 2014, se evidenció que la gran mayoría de fuentes puntuales identificadas en este estudio, no descargan sus efluentes a los ríos.

- *Parámetros de cantidad de agua (caudal) para las estaciones LL, MS y TM*

Las curvas de descarga generadas para las estaciones de monitoreo continuo tienen la forma potencial $Q = aH^b$, las mismas que permitieron determinar los umbrales de caudal alto, medio y bajo utilizados en este estudio.

- *Base de datos referentes a calidad del agua*

Las concentraciones de los diferentes parámetros analizados en este estudio aumentan a medida que el uso de suelo varía, desde la cuenca no intervenida por factores antrópicos como es la de Llaviuco hasta la de Tomebamba con un uso importante por zonas urbanas.



En base a los análisis comparativos entre los límites permisibles de descarga según el TULAS, los resultados de las concentraciones de los diferentes parámetros de calidad del agua analizados indican que los ríos del área de estudio no presentan riesgo sanitario alguno.

- *Transporte de contaminantes*

El transporte de contaminantes sirvió para determinar la contaminación puntual en las estaciones de monitoreo continuo MS y TM, desde las 11 fuentes puntuales de contaminación, para los parámetros SST, NO_3 , DBO y DQO. Los dos últimos como indicadores de contaminación orgánica.

Se considera que el contaminante es conservativo, es decir, que su concentración no cambia debido a reacciones biológicas o químicas. El coeficiente de dispersión fue determinado con la fórmula experimental de Fisher.

La concentración total del contaminante disminuye aproximadamente en 90%, una vez que éste ha sido transportado a distancias superiores a 1.5 km.

Cuando las condiciones de caudal son bajos ($< 10 \text{ m}^3/\text{s}$) existe la presencia mínima de los nitratos en las estaciones MS y TM.

La concentración del parámetro DBO en la estación MS, se comporta inversamente proporcional al caudal, es decir, a mayor caudal menor concentración. Lo contrario ocurre en la estación TM, también para el parámetro de la DQO.

- *Cargas, tasas de contaminación difusa y uso de suelo*

La carga de SST, NO_3 , DBO y DQO, es usada en este estudio para señalar la masa de sólidos, nutrientes y carga orgánica que corre por los ríos de las cuencas en estudio.

Las mayores cargas se presentan en la cuenca de Tomebamba, seguido de Matadero y Llaviuco; consecuentemente las mayores tasas de contaminación difusa se presentan para el uso de suelo urbano, seguido de agrícola-bosque exótico y finalmente páramo-bosque nativo.



Las mayores cargas de contaminación difusa en la cuenca del río Tomebamba, denotan la importancia de establecer planes o estrategias de conservación de la misma.

De acuerdo a los análisis de calidad de agua presentados en este estudio, las fuentes de abastecimiento de agua para la ciudad de Cuenca, provenientes de las cuencas de Llaviuco y Matadero, es buena.

La carga de sólidos y materia orgánica son considerablemente inferiores a los del río Bogotá. Los valores de las tasas de contaminación por SST, se incrementan cuando el caudal crece en la cuenca. Este parámetro es importante, porque su presencia disminuye el paso de la luz a través de agua evitando su actividad fotosintética en los ríos, importante para la producción de oxígeno.

Los nitratos no aportan a la carga de contaminación difusa y por ende la tasa de contaminante es mínima.

Los valores superiores de *DBO* y *DQO* identificados en la microcuenca de Llaviuco comparados con la de Matadero, hacen suponer que probablemente existan fuentes e contaminación puntual que no fueron identificadas en este estudio.

La parte urbana de la cuenca es la zona que presenta las mayores de tasas de contaminación con respecto a los usos de suelo páramo, bosque nativo, bosque exótico y agrícola.

Una conclusión importante de este estudio es que la contaminación difusa es altamente variable en el espacio-tiempo y difícil de estimar.

5.2.RECOMENDACIONES

- Actualizar el inventario de descargas puntuales en la zona de estudio, ya que a pesar de que ETAPA EP ha venido construyendo colectores marginales a los ríos, no se descarta la existencia de descargas clandestinas.



- Utilizar las curvas de descarga obtenidas en este estudio para los rangos de H indicados y es necesario la actualización de las mismas debido a cambios de la sección de control durante el tiempo.
- Se recomienda en trabajos futuros la aplicación de alguno de los modelos agrupados o distribuidos descritos en la sección 2.6.
- Mantener un monitoreo y muestreo continuo de la calidad de agua en toda la cuenca.
- Para prevenir la contaminación debido a las fuentes difusas se recomienda aplicar las buenas prácticas de manejo, conocidas por sus siglas en inglés como BMPs.
- Se recomienda en un futuro, estudiar la posibilidad de ejecutar humedales artificiales en la cuenca del río Tomebamba, para reducir la contaminación por escorrentía urbana y agrícola. Esta técnica es usada en otros países y muy aceptada por su gran eficiencia en la remoción de contaminantes.
- Actualizar el mapa de usos de suelo, para tener certeza de que las tasas determinadas en este estudio son valederas.
- En un estudio futuro, determinar el aporte específico por uso de suelo en la generación de contaminación difusa.



CAPÍTULO

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahi, T., 1999. *Regression statistics as a tool to evaluate excess (anthropogenic) phosphorus, nitrogen, and organic matter in classification of Swedish fresh water quality*, s.l.: s.n.
- Arheimer, B. & Brandt, M., 1998. *Modelling nitrogen transport and retention in the catchments of southern Sweden*, s.l.: s.n.
- Arnold, J., Srinivasan, R., Muttiah, R. & Griggs, R., 1995. *Watershed Modeling and GIS with SWAT and GRASS. SWAT User's Manual*, Temple, Texas: Blackland Research Center.
- Bartsova, A. & Novotny, V., 1999. *Model of spring runoff quantity and quality for urban watersheds*, s.l.: s.n.
- Beasley, D. & Huggins, L., 1985. *ANSWERS: Areal Nonpoint Source Watershed Environment Response Simulation-User Manual*, USA: Purdue University.
- Campbell, N. y otros, 2004. *Diffuse Pollution*, London: IWA Publishing.
- Caraco, N. F. & Cole, J., 1999. *Human impact on nitrate export: an analysis using major world rivers*, s.l.: s.n.
- Carrasco, M. C., 2006. *Determinación de Categorías de Calidad Ambiental en los ríos de Cuenca, con el uso de bioindicadores*, Cuenca: s.n.
- CG Paute, 2007. *Mapa de Uso de Suelo*. s.l.:s.n.
- Chiew F., H. S. & McMahon, T. A., 1999. *Modelling runoff and diffuse pollution loads in urban areas*, s.l.: s.n.
- Comisión para la Cooperación Ambiental, 2012. El mosaico de América del Norte: panorama de los problemas ambientales más relevantes. En: *Calidad de Agua*. s.l.:s.n.
- Dela-Cruz, J. y otros, 2003. *A decision support tool for international diffuse pollution management*, s.l.: s.n.
- Dirección General de Salud Ambiental , 2002. *Criterios adoptados para establecer los estándares de calidad del agua*, s.l.: s.n.
- Dirección Nacional de Geología, 2002. *Mapa Geológico de Cuenca a escala 1:100000*. s.l.:s.n.
- Donigian, A. S. & Davis, H. H., 1985. *User Manual for Agricultural Runoff Management (ARM) Model*. Athens, GA.: Environmental Protection Agency.
- El Universo, 2010. Aparición de cientos de peces muertos en río de Cuenca se atribuye al estiaje. 12 Noviembre.
- EPA, 2012. *United States Environmental Protection Agency*. [En línea] Available at: <http://water.epa.gov/polwaste/nps/whatis.cfm> [Último acceso: 13 junio 2012].



- Hanrahan, G., Gledhill, M., House, W. & Worsfold, P., 2001. *Phosphorus loading in the Frome catchment, UK: Phosphorus loading in the Frome catchment*, s.l.: s.n.
- Heathwaite, A. J. y otros, 2003. *The phosphorus indicators tool: a simple model of diffuse P loss from agricultural land to water*, s.l.: s.n.
- Hetling, L. J., Jaworski, N. A. & Garretson, D. J., 1999. *Comparison of nutrient input loading and riverine export fluxes in large watersheds*, s.l.: s.n.
- Hilton, J., Buckland, P. & Irons, G., 2002. *As assessment of a simple method for estimating the relative contributions of point and diffuse source phosphorus to in-river phosphorus loads*, s.l.: s.n.
- Ichiki, A., Yamada, K. & Ohnishi, T., 1996. *Prediction of runoff pollutant load considering characteristics of river basin.*, s.l.: s.n.
- INEC, 2010. Fascículo Provincial Azuay. p. 7.
- Instituto Nacional de Vías, 2009. *Manual de Drenaje para carreteras*, s.l.: s.n.
- Johnes, P., 1996. *Evaluation and management of the impact of land use change to the nitrogen and phosphorus load delivered to surface waters: the export coefficient modelling approach*, s.l.: s.n.
- Johnes, P. J. & O' Sullivan, P., 1989. *The natural history of Slapton Ley Nature Reserve XVIII. Nitrogen and phosphorus losses from the catchment – an export coefficient approach*, s.l.: s.n.
- Jolánkai, G., 1992. International Hydrological Programme. En: *Hydrological, chemical and biological processes of contaminant transformation and transport in river and lake systems*. Paris: s.n., p. 148.
- Knisel, W., 1980. *CREAMS: A Field Scale Model for Chemicals, Runoff and Erosion from Agricultural Management Systems*, Washington, D.C.: Conservation Research Report No. 26.
- Ledin, E., Ausseil, O. & Roygard, J., 2007. *Identifying Point Source and Non-Point Source Contributions to Nutrient Loadings in Water Ways in Three Catchments in the Manawatu-Wanganui Region: Technical Report to Support Policy Development*, Palmerston North: s.n.
- León, L., Soulis, E., Kouwen, N. & Farquhar, G., 2001. *Nonpoint Source Pollution: A Distributed Water Quality Modeling Approach*, s.l.: Jr. Water Research, Vol. 35, No.4, pp. 997-1007.
- Lepisto, A., Kenttamies, K. & Rekolainen, S., 2001. *Modeling combined effects of forestry, agriculture and deposition on nitrogen export in a northern river basin in Finland*, s.l.: s.n.
- MACUA, 2001. *Establecimiento de un Plan de Manejo de Cuencas en Ríos Andinos*. [En línea] [Último acceso: 7 Mayo 2011].
- Menéndez, Á. N., 2010. Procesos de Transporte y Transformación en Ríos y Estuarios. En: *Transporte de Contaminantes en el Medio Acuático*. s.l.:s.n.
- Novotny, V., 2003. *Water Quality Diffuse Pollution and Watershed Management*. En: Second Edition ed. s.l.:John Wiley & Sons.



- Ongley, E., 1997. *Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. (Estudio FAO: Riego y drenaje - 55).* [En línea] Available at: <http://www.fao.org/docrep/W2598S/W2598S00.htm> [Último acceso: 19 Octubre 2011].
- Organización Meteorológica Mundial, 2011. *Guía de prácticas hidrológicas*, s.l.: s.n.
- Pauta, G., 2014. *Estudio integral de la calidad del agua del río Burgay y evaluación del riesgo toxicológico por la probable presencia de plaguicidas*, Cuenca: s.n.
- Schoumans, O. F. & Groenendijk, P., 2000. *Modeling soil phosphorus levels and phosphorus leaching from agricultural land in the Netherlands*, s.l.: s.n.
- Schoumans, O. F., Mol-Dijkstra, J. & Akkermans, L. M., 2002. *SIMPLE: Assessment of non-point phosphorus pollution from agricultural land to surface waters by means of a new methodology*, s.l.: s.n.
- Secretaría Distrital de Ambiente, 2002. *Observatorio Ambiental de Bogotá.* [En línea] Available at: <http://oab.ambientebogota.gov.co/es/inicio> [Último acceso: 14 Octubre 2015].
- Seitzinger, S. P. & Kroeze, C., 1998. *Global distribution of nitrous oxide production and N inputs in freshwater and coastal marine ecosystems*, s.l.: s.n.
- Seitzinger, S. P. y otros, 2002. *Global patterns of dissolved inorganic and particulate nitrogen inputs to coastal systems: recent conditions and future projections*, s.l.: s.n.
- SEPA, 2008. *Diffuse Pollution Regulations*, s.l.: s.n.
- Tapia, A. & Castro, J., 2009. *Caracterización Espacial y Temporal de los Parámetros de Calidad, Temperatura, pH, Oxígeno Disuelto, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Nitritos, Nitratos y Coliformes Totales en la subcuenca del río Tomebamba*, Cuenca: s.n.
- Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS), 2003. *Norma de Calidad Ambiental y de Descarga Efluentes: Recurso Agua*, s.l.: s.n.
- Valiela, I. y otros, 1997. *Nitrogen loading from coastal watersheds to receiving estuaries: new method and application*, s.l.: s.n.
- Wendland, F. y otros, 2002. *The SOIL-N/WEKU model system-a GIS-supported tool for the assessment and management of diffuse nitrogen leaching at the scale of river basins*, s.l.: s.n.
- Whelan, M. J., Hope, E. G. & Fox, K., 2002. *Stochastic modelling of phosphorus transfers from agricultural land to aquatic ecosystems*, s.l.: s.n.
- Williams, J., Nicks, A. & Arnold, J., 1985. *Simulator for Water Resources in Rural Basins*, s.l.: s.n.
- Wittgren, H. B. & Arheimer, B., 1996. *Source apportionment of riverine nitrogen transport based on catchment modelling*, s.l.: s.n.



Worral, F. & Burt, T., 1999. *The impact of land-use change on water quality at the catchment scale: the use of export coefficient and structural models*, s.l.: s.n.

Young, R., Onstad, C., Bosch, D. & Anderson, W., 1986. *AGNPS Agricultural nonpoint source pollution model: A large watershed analysis tool*, Springfield, VA.: USDA.



CAPÍTULO

7. ANEXOS

7.1. REGISTRO DE NIVELES Y CAUDALES, ESTACIONES LL, MS Y TM

Niveles medios diarios (m), estación Matadero en Sayausí (INAMHI, 2007)

H896		MATADERO EN SAYAUSI (2007)											
DIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
1	0.87 *	0.89 *	0.65 *	1.04 *	1.08 *	0.81 *	1.08 *	0.66 *		0.99 *	0.99 *		
2	0.86 *	0.89 *	0.64 *	1.05 *	1.04 *	0.78 *	1.05 *	0.65 *		0.90 *	0.98 *		
3	0.83 *	0.88 *	0.65 *	1.01 *	1.09 *	0.76 *	1.00 *	0.72 *		0.87 *	0.93 *		
4	0.79 *	0.84 *	0.69 *	1.20 *	1.65 *	0.74 *	0.99 *	0.68 *		0.83 *	0.99 *		
5	0.79 *	0.81 *	0.76 *	1.28 *	1.44 *	0.72 *	0.96 *	0.69 *		0.81 *	0.95 *		
6	0.74 *	0.80 *	0.80 *	1.52 *	1.21 *	0.80 *	0.90 *	0.69 *		0.79 *	0.95 *		
7	0.72 *	0.73 *	0.84 *	1.45 *	1.08 *	1.10 *	0.89 *	0.69 *		0.74 *	0.96 *		
8	0.71 *	0.69 *	0.81 *	1.43 *	1.07 *	1.10 *	0.89 *	0.69 *		0.72 *	0.95 *		
9	0.70 *	0.75 *	0.78 *	1.53 *	1.07 *	1.10 *	0.88 *	0.69 *		0.79 *	1.01 *		
10	0.69 *	0.71 *	0.77 *	1.44 *	1.20 *	1.09 *	0.88 *	0.72 *		0.82 *	1.45 *		
11	0.69 *	0.69 *	0.79 *	1.39 *	1.10 *	1.15 *	0.84 *	0.99 *		1.07 *	1.34 *		
12	0.67 *	0.66 *	0.84 *	1.41 *	1.07 *	1.46 *	0.86 *	1.42 *		0.96 *	1.47 *		
13	0.61 *	0.69 *	0.74 *	1.26 *	0.99 *	2.09 *	0.88 *	1.64 *		0.91 *	1.35 *		
14	0.59 *	0.74 *	1.26 *	1.14 *	0.96 *	2.30 *	0.89 *	1.52 *		0.89 *	1.29 *		
15	0.59 *	0.71 *	1.27 *	1.09 *	0.93 *	2.62 *	0.87 *	1.39 *		0.86 *	1.10 *		
16	0.59 *	0.69 *	1.28 *	1.29 *	0.90 *	2.99 *	0.86 *	1.34 *		0.80 *	1.12 *		
17	0.58 *	0.67 *	1.30 *	1.29 *	0.90 *	2.22 *	0.83 *	1.08 *		0.78 *	1.21 *		
18	0.85 *	0.63 *	1.25 *	1.27 *	1.10 *	1.83 *	0.81 *	1.12 *		0.75 *	1.33 *		
19	0.75 *	0.60 *	1.30 *	1.21 *	1.07 *	1.63 *	0.81 *	1.22 *		1.65 *	1.25 *		
20	0.78 *	0.59 *	1.25 *	1.17 *	1.18 *	1.44 *	0.79 *	1.18 *		1.32 *	1.17 *		
21	0.71 *	0.56 *	1.19 *	1.10 *	1.03 *	1.53 *	0.79 *	1.09 *		1.35 *	1.14 *		
22	0.70 *	0.54 *	1.23 *	1.09 *	0.97 *	1.68 *	0.78 *	1.04 *		1.16 *	1.33 *		
23	0.78 *	0.56 *	1.23 *	1.08 *	0.94 *	1.45 *	0.78 *	1.09 *		1.16 *	1.33 *		
24	0.76 *	0.58 *	1.12 *	1.15 *	0.95 *	1.36 *	0.77 *	1.05 *		1.18 *	1.17 *		
25	0.70 *	0.59 *	1.09 *	1.31 *	0.99 *	1.33 *	0.76 *	0.98 *		1.23 *	1.36 *		
26	1.53 *	0.72 *	1.07 *	1.24 *	0.96 *	1.31 *	0.78 *	0.96 *		1.12 *	1.34 *		
27	1.37 *	0.79 *	1.05 *	1.14 *	0.94 *	1.29 *	0.88 *	0.84 *		1.05 *	1.18 *		
28	1.14 *	0.69 *	1.26 *	1.09 *	0.91 *	1.14 *	0.84 *	0.84 *		0.98 *	1.10 *		
29	1.00 *		1.14 *	1.09 *	0.89 *	1.11 *	0.81 *	0.89 *		0.93 *	1.06 *		
30	0.97 *		1.10 *	1.08 *	0.85 *	1.11 *	0.79 *	0.90 *		0.99 *	1.01 *		
31	0.46 *		1.06 *		0.84 *		0.78 *	0.99 *		0.99 *			
Nivel Max.	158 *	89 *	135 *	158 *	175 *	299 *	108 *	169 *		168 *	158 *		
Día	26	1	17	6	4	16	1	13		19	25		
Hora	18	7	18	7	7	7	7	7		7	18		
Nivel Mín.	58 *	54 *	64 *	101 *	84 *	72 *	76 *	65 *		72 *	91 *		
Día	17	22	2	3	31	5	25	2		8	6		



Hora	18	18	18	7	18	18	7	18	18	7
Nivel Medio	79	70	101	123	104	140	86	98	98	116

NOTA: * DATOS LIMNIMETRICOS



Caudales medios diarios (m³/s), estación Matadero en Sayausí (INAMHI, 2007)

H896	MATADERO EN SAYAUSI (2007)										Área Drenaje: 312 km ²	
DIA	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1	5.5 *	5.9 *	2.3 *	8.8 *	9.7 *	4.5 *	9.7 *	2.5 *		7.8 *	7.8 *	
2	5.3 *	5.9 *	2.3 *	9.1 *	8.8 *	4.1 *	9.0 *	2.4 *		6.0 *	7.6 *	
3	4.8 *	5.7 *	2.4 *	8.2 *	9.9 *	3.8 *	8.0 *	3.2 *		5.5 *	6.5 *	
4	4.2 *	5.0 *	2.8 *	13.3 *	27.8 *	3.4 *	7.7 *	2.7 *		4.8 *	7.8 *	
5	4.1 *	4.5 *	3.7 *	15.0 *	19.8 *	3.2 *	7.2 *	2.8 *		4.5 *	7.0 *	
6	3.5 *	4.4 *	4.4 *	22.6 *	13.1 *	4.4 *	5.9 *	2.8 *		4.1 *	6.9 *	
7	3.2 *	3.4 *	5.0 *	20.1 *	9.8 *	10.4 *	5.9 *	2.8 *		3.5 *	7.2 *	
8	3.1 *	2.9 *	4.5 *	19.5 *	9.5 *	10.2 *	5.9 *	2.8 *		3.2 *	7.0 *	
9	2.9 *	3.6 *	4.0 *	23.1 *	9.5 *	10.2 *	5.7 *	2.8 *		4.2 *	8.2 *	
10	2.8 *	3.1 *	3.9 *	19.8 *	12.6 *	9.9 *	5.7 *	3.2 *		4.6 *	20.1 *	
11	2.8 *	2.8 *	4.2 *	18.1 *	10.2 *	11.5 *	5.0 *	7.7 *		9.5 *	16.6 *	
12	2.6 *	2.5 *	5.0 *	19.0 *	9.4 *	20.6 *	5.3 *	19.3 *		7.2 *	21.0 *	
13	2.0 *	2.8 *	3.5 *	14.4 *	7.8 *	48.0 *	5.7 *	27.1 *		6.2 *	17.0 *	
14	1.8 *	3.5 *	14.4 *	11.1 *	7.2 *	59.7 *	5.8 *	22.6 *		5.9 *	15.1 *	
15	1.8 *	3.1 *	14.7 *	10.0 *	6.6 *		5.5 *	18.3 *		5.3 *	10.2 *	
16	1.8 *	2.8 *	15.0 *	15.2 *	6.0 *		5.3 *	16.6 *		4.4 *	10.6 *	
17	1.7 *	2.6 *	15.6 *	15.3 *	6.0 *	55.0 *	4.8 *	9.7 *		4.1 *	12.9 *	
18	5.1 *	2.1 *	14.1 *	14.5 *	10.2 *	35.0 *	4.5 *	10.7 *		3.6 *	16.4 *	
19	3.6 *	1.9 *	15.4 *	13.0 *	9.4 *	26.7 *	4.5 *	13.2 *		27.5 *	14.1 *	
20	4.0 *	1.7 *	14.1 *	11.8 *	12.1 *	19.8 *	4.2 *	12.1 *		16.2 *	11.8 *	
21	3.1 *	1.5 *	12.3 *	10.2 *	8.5 *	23.1 *	4.1 *	10.0 *		18.2 *	11.1 *	
22	3.0 *	1.3 *	13.5 *	10.0 *	7.4 *	29.0 *	4.1 *	8.7 *		11.8 *	16.8 *	
23	4.0 *	1.5 *	13.4 *	9.6 *	6.8 *	20.3 *	4.1 *	9.9 *		11.6 *	16.5 *	
24	3.8 *	1.7 *	10.7 *	11.4 *	7.0 *	17.4 *	3.9 *	9.0 *		12.2 *	11.8 *	
25	3.0 *	1.8 *	10.0 *	15.8 *	7.7 *	16.4 *	3.8 *	7.6 *		13.6 *	18.1 *	
26	23.1 *	3.2 *	9.4 *	13.7 *	7.2 *	15.8 *	4.1 *	7.2 *		10.7 *	16.7 *	
27	17.6 *	4.2 *	9.1 *	11.1 *	6.8 *	15.2 *	5.6 *	5.0 *		9.0 *	12.1 *	
28	11.2 *	2.8 *	14.4 *	10.0 *	6.2 *	11.2 *	5.0 *	4.9 *		7.6 *	10.2 *	
29	8.0 *		11.2 *	9.9 *	5.8 *	10.5 *	4.5 *	5.8 *		6.6 *	9.3 *	
30	7.3 *		10.1 *	9.7 *	5.2 *	10.5 *	4.2 *	6.0 *		7.8 *	8.2 *	
31			9.2 *		5.0 *		4.1 *	7.8 *		7.7 *		
Caudal Max.		5.9 *	17.0 *	24.9 *	31.7 *		9.7 *	29.2 *		28.8 *	24.9 *	
Día		vv	17.0	6.0	4.0		1.0	13.0		19.0	25.0	
Hora			18.0	7.0	7.0		7.0	7.0		7.0	18.0	
Caudal Mín.		1.3 *	2.3 *	8.2 *	5.0 *		3.8 *	2.4 *		3.2 *	6.2 *	
Día		22.0	2.0	3.0	31.0		25.0	2.0		8.0	6.0	
Hora		18.0	18.0	7.0	18.0		7.0	18.0		18.0	7.0	
Caudal Medio	5.0	3.1	8.9	13.8	9.3	18.2	5.4	8.6		8.2	12.1	

NOTA: * DATOS LIMNIMETRICOS

vv = Evento registrado en varios días



Niveles medios diarios (cm), estación Tomebamba en Monay (INAMHI, 2005)

H895		TOMBAMBA EN MONAY (2005)											
DIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
1	26 *	13 *	39 *	74 *	97 *	43 *	77 *	22 *	9 *	16 *	31 *	16 *	
2	18 *	10 *	37 *	64 *	89 *	55 *	70 *	27 *	6 *	16 *	31 *	16 *	
3	15 *	13 *	43 *	61 *	83 *	66 *	62 *	26 *	8 *	12 *	35 *	21 *	
4	12 *	10 *	57 *	76 *	77 *	82 *	61 *	23 *	6 *	8 *	74 *	27 *	
5	10 *	17 *	190 *	68 *	71 *	149 *	57 *	20 *	6 *	4 *	90 *	59 *	
6	14 *	18 *	114 *	109 *	65 *	204 *	49 *	22 *	3 *	6 *	49 *	43 *	
7	11 *	44 *	97 *	113 *	59 *	196 *	46 *	20 *	7 *	6 *	53 *	36 *	
8	10 *	43 *	95 *	103 *	44 *	106 *	48 *	26 *	7 *	8 *	82 *	32 *	
9	9 *	50 *	119 *	93 *	40 *	93 *	44 *	31 *	4 *	10 *	74 *	28 *	
10	6 *	59 *	120 *	108 *	37 *	85 *	38 *	28 *	4 *	23 *	62 *	43 *	
11	8 *	48 *	145 *	99 *	39 *	77 *	31 *	30 *	6 *	39 *	66 *	29 *	
12	11 *	62 *	111 *	97 *	57 *	66 *	29 *	27 *	5 *	68 *	64 *	27 *	
13	16 *	101 *	96 *	86 *	96 *	74 *	25 *	22 *	8 *	47 *	59 *	24 *	
14	24 *	82 *	88 *	79 *	84 *	71 *	21 *	18 *	14 *	27 *	63 *	34 *	
15	22 *	72 *	77 *	102 *	78 *	64 *	17 *	16 *	10 *	29 *	53 *	36 *	
16	19 *	76 *	101 *	97 *	71 *	59 *	13 *	15 *	9 *	14 *	43 *	33 *	
17	16 *	91 *	154 *	81 *	66 *	56 *	14 *	19 *	12 *	10 *	34 *	32 *	
18	13 *	84 *	124 *	81 *	61 *	49 *	26 *	16 *	9 *	13 *	34 *	50 *	
19	11 *	63 *	114 *	89 *	58 *	44 *	48 *	14 *	6 *	7 *	26 *	69 *	
20	8 *	96 *	149 *	95 *	54 *	41 *	42 *	17 *	4 *	10 *	24 *	67 *	
21	10 *	81 *	104 *	87 *	49 *	46 *	37 *	15 *	4 *	55 *	19 *	60 *	
22	20 *	65 *	92 *	73 *	44 *	58 *	31 *	13 *	3 *	44 *	14 *	72 *	
23	59 *	53 *	73 *	58 *	39 *	78 *	26 *	14 *	3 *	31 *	10 *	99 *	
24	46 *	44 *	66 *	57 *	35 *	98 *	27 *	15 *	5 *	22 *	7 *	128 *	
25	27 *	37 *	63 *	52 *	31 *	68 *	26 *	18 *	5 *	8 *	15 *	117 *	
26	24 *	42 *	57 *	51 *	28 *	57 *	36 *	18 *	3 *	6 *	22 *	121 *	
27	20 *	34 *	67 *	58 *	26 *	53 *	39 *	23 *	8 *	8 *	22 *	182 *	
28	22 *	51 *	62 *	76 *	23 *	54 *	32 *	20 *	10 *	8 *	21 *	133 *	
29	20 *		62 *	88 *	20 *	69 *	28 *	19 *	11 *	8 *	19 *	113 *	
30	16 *		104 *	107 *	16 *	77 *	26 *	16 *	9 *	87 *	16 *	90 *	
31	15 *		89 *		17 *		19 *	12 *		61 *		82 *	
Nivel Max.	60 *	109 *	210 *	120 *	99 *	210 *	79 *	31 *	15 *	165 *	100 *	198 *	
Día	23	13	17	6	13	6	1	9	14	30	5	27	
Hora	8	8	17	17	7	17	7	7	7	18	7	7	
Nivel Mín.	5 *	9 *	35 *	50 *	15 *	40 *	11 *	11 *	2 *	3 *	5 *	15 *	
Día	10	4	1	26	30	1	17	31	6	5	25	2	
Hora	18	52	94	83	53	78	37	20	7	23	40	62	
Nivel Medio	18	52	94	83	53	78	37	20	7	23	40	62	

NOTA: * DATOS LIMNIMETRICOS

Caudales medios diarios (m³/s), estación Tomebamba en Monay (INAMHI, 2005)

H895	TOMBAMBA EN MONAY (2005)												Área Drenaje: 1260 km ²	
DIA	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.		
1	2.6	* 0.6	* 6.3	* 25.0	* 44.7	* 7.8	* 27.6	* 1.8	* 0.2	1.0	3.9	1.0		
2	1.2	* 0.3	* 5.8	* 18.6	* 37.6	* 13.2	* 22.2	* 2.9	* 0.1	1.0	4.0	1.0		
3	0.8	* 0.6	* 7.8	* 16.5	* 32.4	* 19.9	* 17.3	* 2.7	* 0.2	0.5	5.1	1.6		
4	0.5	* 0.3	* 14.3	* 26.9	* 27.6	* 31.4	* 16.8	* 2.0	* 0.1	0.2	25.4	2.8		
5	0.3	* 1.0	* 191.4	* 21.2	* 22.8	* 114.5	* 14.2	* 1.5	* 0.1	0.1	39.1	16.6		
6	0.7	* 1.2	* 63.4	* 58.7	* 19.2	* 220.9	* 10.5	* 1.8	* 0.0	0.1	10.5	7.9		
7	0.4	* 8.1	* 44.7	* 62.7	* 15.4	* 202.6	* 8.9	* 1.5	* 0.2	0.1	12.2	5.4		
8	0.4	* 8.0	* 43.3	* 50.9	* 8.1	* 54.7	* 10.0	* 2.6	* 0.1	0.2	31.6	4.2		
9	0.3	* 10.7	* 70.0	* 41.3	* 6.6	* 40.9	* 8.3	* 3.8	* 0.1	0.4	25.0	3.2		
10	0.1	* 15.8	* 71.4	* 57.5	* 5.6	* 33.7	* 5.9	* 3.0	* 0.0	2.1	17.4	7.8		
11	0.2	* 10.0	* 107.1	* 46.8	* 6.4	* 27.6	* 3.9	* 3.5	* 0.1	6.6	20.5	3.4		
12	0.4	* 19.3	* 60.5	* 45.2	* 14.6	* 19.8	* 3.3	* 2.8	* 0.1	25.0	18.6	2.8		
13	1.0	* 49.2	* 44.2	* 35.0	* 43.8	* 25.0	* 2.4	* 1.8	* 0.2	11.7	15.6	2.3		
14	2.3	* 31.6	* 36.3	* 29.1	* 32.8	* 22.8	* 1.7	* 1.2	* 0.7	2.9	18.0	4.9		
15	1.8	* 23.6	* 27.6	* 49.9	* 28.3	* 18.3	* 1.1	* 0.9	* 0.4	3.4	12.4	5.4		
16	1.3	* 26.5	* 50.4	* 44.8	* 22.8	* 15.3	* 0.6	* 0.8	* 0.3	0.7	7.8	4.4		
17	0.9	* 39.4	* 140.6	* 30.9	* 19.8	* 14.0	* 0.8	* 1.3	* 0.5	0.3	4.7	4.1		
18	0.6	* 32.8	* 77.6	* 30.7	* 16.8	* 10.5	* 2.7	* 1.0	* 0.2	0.6	4.7	11.0		
19	0.4	* 18.0	* 63.3	* 37.1	* 14.8	* 8.3	* 9.8	* 0.7	* 0.1	0.1	2.7	21.7		
20	0.2	* 43.8	* 114.0	* 43.2	* 12.9	* 7.0	* 7.5	* 1.1	* 0.0	0.4	2.2	20.6		
21	0.3	* 30.4	* 52.7	* 35.4	* 10.3	* 9.2	* 5.6	* 0.8	* 0.1	22.0	1.3	16.4		
22	1.6	* 19.0	* 40.4	* 24.3	* 8.3	* 14.8	* 3.9	* 0.6	* 0.0	8.3	0.7	24.0		
23	15.3	* 12.2	* 24.6	* 15.1	* 6.4	* 28.0	* 2.7	* 0.7	* 0.0	3.9	0.4	46.7		
24	9.0	* 8.1	* 19.8	* 14.2	* 4.9	* 46.7	* 2.9	* 0.8	* 0.1	1.9	0.2	81.8		
25	2.9	* 5.6	* 17.7	* 11.9	* 3.9	* 20.9	* 2.7	* 1.2	* 0.1	0.2	1.2	66.9		
26	2.2	* 7.5	* 14.2	* 11.4	* 3.2	* 14.5	* 5.3	* 1.2	* 0.0	0.1	1.8	73.5		
27	1.5	* 4.7	* 20.2	* 15.1	* 2.6	* 12.1	* 6.5	* 2.0	* 0.2	0.2	1.9	174.4		
28	1.9	* 11.7	* 17.1	* 26.5	* 2.0	* 12.9	* 4.2	* 1.5	* 0.4	0.2	1.6	88.3		
29	1.5	*	17.5	* 36.3	* 1.5	* 21.8	* 3.2	* 1.4	* 0.4	0.2	1.3	62.2		
30	1.0	*	52.7	* 55.6	* 1.0	* 27.6	* 2.6	* 1.0	* 0.2	70.6	0.9	38.5		
31	0.8	*	37.2	*	1.1	*	1.3	* 0.5	*	17.8		31.5		
Caudal Max.	16.2	* 58.0	* 236.0	* 71.2	* 47.2	* 236.0	* 29.1	* 3.9	* 0.8	* 140.8	* 48.2	* 208.1	*	
Día	23.0	13.0	17.0	6.0	13.0	6.0	1.0	9.0	14.0	30.0	5.0	27.0		
Hora	8.0	8.0	17.0	17.0	7.0	17.0	7.0	7.0	7.0	18.0	7.0	7.0		
Caudal Mín.	0.1	* 0.3	* 5.1	* 10.9	* 0.8	* 6.8	* 0.4	* 0.4	* 0.0	* 0.0	* 0.1	* 0.8	*	
Día	10.0	4.0	1.0	26.0	30.0	1.0	17.0	31.0	6.0	5.0	25.0	2.0		
Hora	18.0	17.0	18.0	7.0	18.0	7.0	8.0	17.0	17.0	18.0	7.0	16.0		
Caudal Medio	1.8	15.7	50.1	33.9	15.4	37.2	7.0	1.6	0.2	5.9	9.7	27.0		



Niveles medios diarios (m), estación Llaviuco

LLAVIUCO																
AÑO DIAS	2010								2011							
	MAY.	JUN.	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
1		0.83	0.81	0.81	0.70	0.68	0.65	0.72	0.85	0.70	0.72	0.72	0.83	1.06	0.88	0.79
2		0.86	0.79	0.80	0.70	0.67	0.65	0.71	0.83	0.70	0.72	0.72	0.80	1.01	0.85	0.78
3		0.88	0.77	0.79	0.71	0.68	0.65	0.70	0.81	0.69	0.71	0.75	0.79	0.95	0.83	0.76
4		0.84	0.76	0.79	0.70	0.67	0.65	0.69	0.80	0.69	0.70	0.77	0.78	0.89	0.88	0.76
5		0.81	0.75	0.82	0.70	0.67	0.65	0.69	0.82	0.70	0.69	0.79	0.77	0.86	0.99	0.75
6		0.79	0.74	0.81	0.70	0.67	0.65	0.68	0.84	0.73	0.70	0.80	0.77	0.82	1.06	0.74
7		0.80	0.74	0.80	0.70	0.66	0.65	0.68	0.80	0.80	0.71	0.85	0.79	0.80	1.01	0.73
8		0.84	0.73	0.79	0.71	0.66	0.65	0.68	0.81	0.98	0.70	0.96	0.81	0.78	0.94	0.72
9		0.92	0.73	0.78	0.70	0.66	0.64	0.67	0.87	0.94	0.71	0.94	0.85	0.76	0.89	0.72
10		0.96	0.79	0.77	0.70	0.66	0.64	0.70	0.90	0.90	0.70	1.03	0.86	0.75	0.88	0.72
11		0.93	0.78	0.76	0.69	0.66	0.64	0.74	0.87	0.98	0.69	1.00	0.84	0.74	1.01	0.72
12		0.90	0.77	0.75	0.69	0.66	0.64	0.73	0.83	0.95	0.68	0.92	0.82	0.74	1.14	0.72
13		0.87	0.76	0.74	0.68	0.66	0.65	0.72	0.80	0.92	0.68	0.88	0.80	0.73	1.09	0.71
14		0.85	0.79	0.79	0.68	0.66	0.66	0.72	0.78	0.90	0.67	0.85	0.79	0.73	1.00	0.70
15		0.83	0.77	0.83	0.68	0.65	0.68	0.72	0.76	0.93	0.67	0.83	0.78	0.75	0.93	0.70
16		0.82	0.76	0.81	0.70	0.65	0.70	0.71	0.75	0.94	0.66	0.81	0.77	0.77	0.88	0.70
17		0.80	0.76	0.79	0.69	0.66	0.73	0.72	0.74	0.90	0.66	0.83	0.76	0.76	0.84	0.69
18		0.79	0.79	0.77	0.69	0.65	0.75	0.72	0.74	0.87	0.66	0.83	0.74	0.75	0.82	0.69
19		0.84	0.77	0.76	0.70	0.65	0.72	0.74	0.74	0.84	0.66	0.86	0.74	0.75	0.80	0.69
20		0.84	0.76	0.74	0.71	0.67	0.70	0.77	0.73	0.81	0.67	0.87	0.72	0.74	0.78	0.69
21		0.91	0.74	0.74	0.70	0.66	0.70	0.79	0.72	0.79	0.81	0.87	0.72	0.73	0.77	0.68
22		0.88	0.74	0.74	0.70	0.66	0.69	0.79	0.72	0.77	0.83	0.86	0.71	0.72	0.76	0.68
23		0.84	0.73	0.73	0.69	0.66	0.69	0.80	0.72	0.76	0.79	0.86	0.71	0.74	0.75	0.68
24		0.82	0.72	0.73	0.69	0.66	0.68	0.88	0.72	0.75	0.76	0.83	0.71	0.80	0.82	
25		0.82	0.72	0.72	0.69	0.66	0.67	0.87	0.71	0.74	0.75	0.87	0.70	0.82	0.88	
26		0.94	0.73	0.71	0.69	0.65	0.67	0.84	0.70	0.73	0.74	0.86	0.75	0.90	0.86	
27		0.94	0.74	0.71	0.68	0.65	0.67	0.81	0.70	0.73	0.73	0.87	0.82	0.91	0.83	
28	0.74	0.89	0.81	0.71	0.68	0.65	0.69	0.81	0.70	0.73	0.73	0.84	0.97	0.87	0.87	
29	0.75	0.86	0.86	0.71	0.68	0.65	0.72	0.82	0.71		0.72	0.82	1.16	0.83	0.87	
30	0.74	0.83	0.86	0.70	0.68	0.65	0.72	0.89	0.70		0.71	0.80	1.25	0.86	0.84	
31	0.75		0.83	0.70		0.64		0.88	0.70		0.71		1.17		0.82	
Suma	2.98	25.71	23.80	23.58	20.81	20.45	20.25	23.38	23.90	22.87	22.02	25.47	25.49	24.31	27.54	16.52
Promedio	0.74	0.86	0.77	0.76	0.69	0.66	0.68	0.75	0.77	0.82	0.71	0.85	0.82	0.81	0.89	0.72
Máximo	0.75	0.96	0.86	0.83	0.71	0.68	0.75	0.89	0.90	0.98	0.83	1.03	1.25	1.06	1.14	0.79
Mínimo	0.74	0.79	0.72	0.70	0.68	0.64	0.64	0.67	0.70	0.69	0.66	0.72	0.70	0.72	0.75	0.68

Caudales medios diarios (m³/s), estación Llaviuco

LLAVIUCO																
AÑO	2010								2011							
DIAS	MAY.	JUN.	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
1		5.24	4.50	4.65	1.55	0.99	0.41	2.04	6.15	1.55	2.05	2.05	5.34	15.20	6.94	4.15
2		6.49	3.92	4.31	1.63	0.91	0.45	1.80	5.48	1.55	1.96	2.12	4.35	12.55	5.98	3.61
3		7.02	3.51	3.99	1.72	1.04	0.44	1.57	4.76	1.37	1.69	2.73	4.02	9.74	5.16	3.21
4		5.62	3.14	3.97	1.55	0.86	0.45	1.42	4.32	1.36	1.55	3.40	3.82	7.68	7.12	3.02
5		4.66	2.90	4.95	1.55	0.86	0.45	1.23	4.87	1.60	1.35	3.97	3.55	6.19	11.56	2.76
6		4.15	2.67	4.65	1.55	0.83	0.45	1.09	5.63	2.38	1.65	4.38	3.34	5.06	15.17	2.57
7		4.25	2.51	4.34	1.66	0.67	0.45	1.09	4.46	4.40	1.81	6.14	4.02	4.27	12.47	2.31
8		5.68	2.31	4.09	1.79	0.65	0.45	0.98	4.65	11.11	1.67	10.26	4.71	3.68	9.35	2.09
9		8.57	2.43	3.65	1.55	0.65	0.26	0.91	6.81	9.45	1.69	9.56	6.11	3.22	7.52	2.04
10		10.17	3.88	3.30	1.54	0.65	0.25	1.49	7.86	8.01	1.53	13.57	6.50	2.90	7.09	2.00
11		8.89	3.57	3.03	1.32	0.65	0.25	2.65	6.61	11.14	1.27	12.07	5.81	2.62	12.74	2.05
12		7.75	3.36	2.81	1.28	0.65	0.32	2.22	5.48	9.85	1.09	8.71	5.07	2.49	19.51	1.96
13		6.85	3.21	2.57	1.09	0.65	0.48	2.05	4.48	8.52	1.00	7.04	4.48	2.31	16.50	1.79
14		5.98	3.92	3.99	1.09	0.59	0.65	2.05	3.81	8.05	0.86	5.91	3.94	2.28	12.24	1.67
15		5.21	3.41	5.28	1.09	0.45	1.12	1.94	3.26	9.29	0.77	5.15	3.63	2.95	8.96	1.55
16		4.84	3.13	4.51	1.44	0.47	1.49	1.75	2.81	9.32	0.65	4.80	3.49	3.34	7.10	1.55
17		4.39	3.26	3.91	1.33	0.58	2.29	1.99	2.53	8.04	0.65	5.19	3.05	3.13	5.80	1.40
18		3.94	3.90	3.42	1.31	0.45	2.72	2.15	2.57	6.71	0.65	5.17	2.71	2.92	4.90	1.31
19		5.55	3.32	3.00	1.59	0.54	2.05	2.65	2.49	5.52	0.65	6.39	2.45	2.71	4.19	1.31
20		5.79	3.01	2.66	1.79	0.83	1.66	3.35	2.31	4.60	0.95	6.87	2.17	2.50	3.73	1.31
21		8.43	2.71	2.57	1.62	0.68	1.49	4.01	2.16	3.87	4.70	6.62	1.96	2.28	3.29	1.11
22		6.98	2.46	2.57	1.55	0.65	1.31	3.95	2.05	3.33	5.22	6.47	1.83	2.05	3.06	1.09
23		5.78	2.22	2.43	1.41	0.65	1.20	4.35	2.05	2.99	4.04	6.29	1.83	2.48	2.95	1.09
24		5.06	2.05	2.22	1.33	0.65	1.09	7.03	2.00	2.85	3.25	5.40	1.75	4.22	5.14	
25		5.00	2.05	2.05	1.31	0.65	0.92	6.63	1.79	2.68	2.75	6.73	1.55	5.12	7.17	
26		9.51	2.29	1.87	1.24	0.54	0.95	5.55	1.62	2.42	2.57	6.27	2.75	7.91	6.26	
27		9.50	2.57	1.79	1.09	0.50	0.95	4.81	1.58	2.35	2.41	6.66	5.01	8.32	5.24	
28	2.46	7.54	4.81	1.79	1.09	0.50	1.24	4.79	1.59	2.38	2.18	5.60	10.62	6.60	6.70	
29	2.94	6.19	6.45	1.68	1.08	0.45	2.01	5.05	1.79		1.96	4.89	20.46	5.48	6.85	
30	2.57	5.25	6.48	1.55	1.09	0.44	2.05	7.48	1.61		1.77	4.43	26.48	6.31	5.72	
31	2.87		5.48	1.55		0.30		7.07	1.55		1.72		21.19		4.85	
Suma	10.84	190.26	105.39	99.18	42.23	20.00	30.27	97.11	111.12	146.68	58.07	184.85	177.98	148.52	241.28	46.94
Promedio	2.71	6.34	3.40	3.20	1.41	0.65	1.01	3.13	3.58	5.24	1.87	6.16	5.74	4.95	7.78	2.04
Máximo	2.94	10.17	6.48	5.28	1.79	1.04	2.72	7.48	7.86	11.14	5.22	13.57	26.48	15.20	19.51	4.15
Mínimo	2.46	3.94	2.05	1.55	1.08	0.30	0.25	0.91	1.55	1.36	0.65	2.05	1.55	2.05	2.95	1.09



7.2. PARÁMETROS MEDIDOS EN CAMPO

No	ESTACION	FECHA DE CAMPO			HORA		PARAMETROS DE CAMPO			ALTURA LIMNIMETRICA	SENSOR DE NIVEL	CAUDAL
							TEMP	pH	OD			
		dd/mm/aaaa	h	mm	°C		mg/l	m	m	m ³ /s		
1	Taitachugo	15	9	2010	10	10	10.20	6.50	8.60			
	Matadero en Sayausí				11	35	11.90	6.50	8.10	0.15	0.21	0.12
	Tomebamba en Monay				12	35	14.50	6.46	6.26	0.17	0.18	1.20
2	Taitachugo	27	9	2010	9	45	9.80	8.54	9.31			
	Matadero en Sayausí				11	0	12.60	8.66	8.27	0.18	0.17	0.07
	Tomebamba en Monay				12	0	17.40	8.57	8.80	0.19	0.19	1.34
3	Llaviuco	6	10	2010	10	45	14.50	8.30	6.60		0.67	0.09
	Matadero en Sayausí				11	47	15.20	8.75	7.74	0.20	0.21	0.12
	Tomebamba en Monay				13	15	20.40	9.21	6.89	0.18	0.18	1.20
4	Llaviuco	15	10	2010	11	55	14.20	8.08	7.35		0.65	0.04
	Matadero en Sayausí				12	55	12.80	8.57	7.48	0.13	0.13	0.03
	Tomebamba en Monay				13	55	16.90	8.61	7.82	0.17	0.17	1.06
5	Llaviuco	27	10	2010	9	42	14.40	8.20	7.31		0.65	0.04
	Matadero en Sayausí				11	0	13.80	8.60	7.55	0.10	0.17	0.07
	Tomebamba en Monay				12	0	16.00	8.70	8.03	0.18	0.18	1.20
6	Llaviuco	10	11	2010	11	55	14.90	8.35	8.27		0.64	0.03
	Matadero en Sayausí				13	15	14.70	8.85	7.70	0.15	0.15	0.05
	Tomebamba en Monay				14	30	18.30	8.15	8.61	0.16	0.16	0.93
7	Llaviuco	22	11	2010	11	20					0.69	0.19
	Matadero en Sayausí				12	10				0.20	0.18	0.08
	Tomebamba en Monay				13	16				0.20	0.31	3.88
8	Llaviuco	1	12	2010	11	37	14.90	7.80	9.50		0.72	0.38
	Matadero en Sayausí				12	58	13.90	7.94	8.37	0.22	0.20	0.11
	Tomebamba en Monay				13	50	16.60	8.30	7.21	0.23	0.23	2.03
9	Llaviuco	5	1	2011	9	15	12.80	8.15	7.60		0.79	1.07
	Matadero en Sayausí				10	15	11.70	8.30	8.13	0.32	0.35	0.48
	Tomebamba en Monay				11	15	15.00	8.37	7.74	0.38	0.51	11.42
10	Llaviuco	12	1	2011	11	55	12.00	8.30	7.10		0.84	2.11
	Matadero en Sayausí				12	45	12.10	8.31	7.68	0.38	0.51	1.30
	Tomebamba en Monay				13	48	14.70	8.14	8.18	0.60	0.70	22.67
11	Llaviuco	31	1	2011	12	0	14.50	8.80	7.25		0.70	0.28
	Matadero en Sayausí				12	45	13.80	8.60	7.63	0.36	0.38	0.59
	Tomebamba en Monay				13	45	17.40	8.60	7.64	0.28	0.37	5.70
12	Llaviuco	9	2	2011	10	30	12.60	8.30	7.37		0.94	3.26
	Matadero en Sayausí				11	20	13.00	8.30	8.33	0.75	0.79	4.15
	Tomebamba en Monay				12	30	14.20	8.34	7.62	1.11	1.24	78.21



13	Llaviuco	14	2	2011	9	40	12.50	7.51	6.86		0.90	2.66
	Matadero en Sayausí				10	25	12.10	7.70	7.98	0.73	0.80	4.29
	Tomebamba en Monay				11	20	13.70	7.90	7.90	1.12	1.28	83.78
14	Llaviuco	28	2	2011	10	40	13.70	7.97	7.02		0.73	0.45
	Matadero en Sayausí				11	43	13.40	8.05	7.80	0.52	0.56	1.66
	Tomebamba en Monay				12	45	16.60	8.10	7.30	0.48	0.56	13.98
15	Llaviuco	10	3	2011	12	30	14.40	8.26	7.34		0.70	0.28
	Matadero en Sayausí				13	25	13.30	8.30	7.98	0.39	0.43	0.83
	Tomebamba en Monay				14	20	17.40	9.05	7.74	0.20	0.36	5.37
16	Llaviuco	24	3	2011	10	10	13.50	8.38	8.04		0.77	0.81
	Matadero en Sayausí				11	0	13.20	8.43	8.15	0.40	0.46	0.99
	Tomebamba en Monay				12	5	16.00	8.11	6.97	0.42	0.55	13.44
17	Llaviuco	6	4	2011	9	35	13.90	8.90	13.80		0.80	1.23
	Matadero en Sayausí				10	20	12.00	8.36	11.80	0.82	0.84	4.88
	Tomebamba en Monay				11	20	13.90	8.36	13.80	1.20	1.16	67.69
18	Llaviuco	13	4	2011	9	45	12.70	8.18	7.31		0.88	2.40
	Matadero en Sayausí				10	36	12.30	8.26	7.92	0.80	0.73	3.36
	Tomebamba en Monay				11	40	14.70	8.18	7.55	1.08	1.17	68.96
19	Llaviuco	20	4	2011	9	5	12.00	8.37	6.80		0.88	2.40
	Matadero en Sayausí				10	0	11.10	8.40	8.27	0.80	0.78	4.01
	Tomebamba en Monay				11	0	12.70	8.48	8.04	1.20	1.32	89.55
20	Llaviuco	4	5	2011	9	13	12.10	7.15	7.03		0.78	0.93
	Matadero en Sayausí				10	15	11.40	7.55	7.94	0.40	0.59	1.91
	Tomebamba en Monay				11	10	13.20	7.69	7.83	0.79	0.93	41.94
21	Llaviuco	18	5	2011	11	25	13.50	8.94	6.76		0.75	0.60
	Matadero en Sayausí				12	25	12.10	8.70	7.30	0.45	0.46	0.99
	Tomebamba en Monay				13	25	14.90	8.77	7.28	0.50	0.55	13.44
22	Llaviuco	1	6	2011	9	15	10.60	8.77	12.40		1.07	5.98
	Matadero en Sayausí				10	0	10.50	8.78	16.80	0.95	1.03	8.40
	Tomebamba en Monay				10	55	11.50	8.32	8.23	1.30	1.39	100.16
23	Llaviuco	14	6	2011	9	40	11.00	8.17	6.92		0.73	0.45
	Matadero en Sayausí				10	45	10.70	8.07	8.05	0.18	0.47	1.04
	Tomebamba en Monay				12	5	13.40	8.01	7.95	0.42	0.55	13.44
24	Llaviuco	29	6	2011	11	30					0.83	1.85
	Matadero en Sayausí				12	45					0.74	3.49
	Tomebamba en Monay				16	0					0.81	31.09
25	Llaviuco	13	7	2011	9	15	9.60	7.93	8.28		1.09	6.52
	Matadero en Sayausí				10	10	9.60	7.91	8.62	1.30	1.37	17.91
	Tomebamba en Monay				11	10	10.80	7.85	8.42	1.60	1.95	208.51
26	Llaviuco	23	7	2014	15	3	11.17	0.00	8.27		0.84	2.11
	Matadero en Sayausí				14	0	11.40	0.00	8.69	0.59	0.70	3.01



	Tomebamba en Monay				16	45	13.70	0.00	8.69	0.93	1.03	52.33
27	Llaviuco	25	9	2014	11	0	12.90	0.00	14.74		0.72	0.38
	Matadero en Sayausí				12	25	13.30	0.00	14.71	0.60	0.37	0.55
	Tomebamba en Monay				14	15	17.10	0.00	13.02	0.45	0.45	8.70

**7.3.RESULTADOS DE LABORATORIO EN LAS ESTACIONES LL, MS Y TM****LABORATORIO DE SANITARIA**

RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE AGUA	
Muestra procedencia:	Río Tomebamba
Tipo de fuente:	
Fecha de toma:	15 de Septiembre del 2010
Fecha de Análisis:	15 de Septiembre del 2010
Análisis solicitado por:	Ing. Diego Mora

PARAMETRO	Llaviuco	Sayausí	Monay	UNIDAD	OBSERVACIONES
TEMPERATURA	10.2	11.9	14.5	°C.	in situ
TURBIEDAD	0.77	2.00	56.20	NTU, FTU	
COLOR APARENTE	18.0	23.0	270.0	UC, Pt Co	
COLOR REAL	7.0	17.0	29.0	UC, Pt Co	
CONDUCTIVIDAD	122.8	143.3	208.5	microsiemens/ cm	
SOLIDOS TOTALES	59.0	76.0	209.0	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	2.0	3.0	69.0	mg/l	
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	57.0	73.0	140.0	mg/l	
SOLIDOS FIJOS TOTALES	32.0	39.0	153.0	mg/l	
SOLIDOS VOLATILES TOTALES	27.0	37.0	56.0	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS	2.0	2.0	68.0	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES	0.0	1.0	1.0	mg/l	
PH	7.7	7.4	7.4		
OXIGENO DISUELTO	8.60	8.10	6.26	mg/l	
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	1.5	1.4	5.1	mg/l	
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	2.0	14.0	42.0	mg/l	
ALCALINIDAD TOTAL	61.0	58.0	68.0	mg/l, CaCO ₃	
ALCALINIDAD F.	0.0	0.0	0.0	mg/l, CaCO ₃	
DUREZA TOTAL	80.0	84.0	70.0	mg/l, CaCO ₃	
Ca ⁺⁺	20.8	22.4	20.8	mg/l	
Mg ⁺⁺	6.8	6.8	4.4	mg/l	por cálculo
CLORUROS	2.5	5.5	15.0	mg/l	
N. NITRITOS	0.51	0.0	168.20	ug/l	como Nitrógeno
N. NITRATOS	0.13	0.12	0.77	mg/l	como Nitrógeno
FLUOR	< 0,1	0.22	0.18	mg/l	
AMONIO	0.2	0.15	1.6	mg/l	
CIANUROS	< 0.02	< 0.02	< 0.02	mg/l	
TANINOS Y LIGNINA	< 1	< 1	1.0	mg/l	
RECUESTO BACTERIANO EN PLACA	1.0			colonias/ml	a 35°C.
COLIFORMES TOTALES	7.8E+00	3.5E+03	5.4E+05	NMP/100 ML	a 37°C.
E. COLI	7.8E+00	3.5E+03	2.2E+05	NMP./100 ML	a 37°C.
RECUESTO DE MOHOS Y LEVADURAS	0.0			U.F.C/100 ML	a 35°C.
RECUESTO DE PSEUDOMONAS	4.0E+02			U.F.C/100 ML	a 35°C.

Responsable:

Dra. Guillermina Pauta C.
QUIMICO-ANALISTA



LABORATORIO DE SANITARIA

RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE AGUA

Muestra procedencia: Río Tomebamba
Tipo de fuente:
Fecha de toma: 27 de Septiembre del 2010
Fecha de Análisis: 27 de Septiembre del 2010
Análisis solicitado por: Ing. Diego Mora

PARAMETRO	Llaviuco	Sayausí	Monay	UNIDAD	OBSERVACIONES
TEMPERATURA	9.8	12.6	17.4	°C.	in situ
TURBIEDAD	0.77	1.92	29.0	NTU, FTU	
COLOR APARENTE	23.0	27.0	161.0	UC, Pt Co	
COLOR REAL	7.0	18.0	30.0	UC, Pt Co	
CONDUCTIVIDAD	114.7	129.6	221.6	microsiemens/ cm	
SOLIDOS TOTALES	83.0	94.0	197.0	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	0.0	0.0	41.0	mg/l	
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	83.0	94.0	156.0	mg/l	
SOLIDOS FIJOS TOTALES	49.0	56.0	138.0	mg/l	
SOLIDOS VOLATILES TOTALES	34.0	38.0	59.0	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS	0.0	0.0	22.0	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES	0.0	0.0	19.0	mg/l	
PH	8.07	8.0	8.5		
OXIGENO DISUELTO	9.31	8.27	7.80	mg/l	
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	1.72	0.38	8.5	mg/l	
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	18.0	20.0	36.0	mg/l	
ALCALINIDAD TOTAL	59.0	58.0	75.0	mg/l, CaCO ₃	
ALCALINIDAD F.	0.0	0.0	8.0	mg/l, CaCO ₃	
DUREZA TOTAL	58.0	64.0	60.0	mg/l, CaCO ₃	
Ca ⁺⁺	20.0	22.4	20.0	mg/l	
Mg ⁺⁺	1.9	1.9	2.4	mg/l	por cálculo
CLORUROS	2.0	2.5	17.0	mg/l	
N. NITRITOS	1.74	1.74	158.10	ug/l	como Nitrógeno
N. NITRATOS	0.16	0.11	0.74	mg/l	como Nitrógeno
FLUOR	0.24	< 0,1	0.76	mg/l	
AMONIO	< 0,1	< 0,1	1.48	mg/l	
CIANUROS	< 0.02	< 0.02	< 0.02	mg/l	
TANINOS Y LIGNINA	< 1	< 1	1.0	mg/l	
RECUENTO BACTERIANO EN PLACA	0.0	incontables	incontables	colonias/ml	a 35°C.
COLIFORMES TOTALES	4.5	3.5E+03	1.7E+06	NMP/100 ML	a 37°C.
E. COLI	< 1,8	1.6E+03	7.0E+05	NMP./100 ML	a 37°C.
RECUENTO DE MOHOS Y LEVADURAS	0.0	0.0	5.0E+03	U.F.C/100 ML	a 35°C.
RECUENTO DE PSEUDOMONAS				U.F.C/100 ML	a 35°C.

Responsable:

Dra. Guillermina Pauta C.
QUIMICO-ANALISTA



LABORATORIO DE SANITARIA

RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE AGUA

Muestra procedencia: Río Tomebamba
 Tipo de fuente:
 Fecha de toma: 6 de Octubre del 2010
 Fecha de Análisis: 6 de Octubre del 2010
 Análisis solicitado por: Ing. Diego Mora

PARAMETRO	Llaviuco	Sayausí	Monay	UNIDAD	OBSERVACIONES
HORA	10:45	11:47	13:15		
TEMPERATURA	14.5	15.2	20.4	°C.	in situ
TURBIEDAD	1.15	2.23	23.7	NTU, FTU	
COLOR APARENTE	19.0	30.0	131.0	UC, Pt Co	
COLOR REAL	19.0	19.0	65.0	UC, Pt Co	
CONDUCTIVIDAD	122.0	133.8	206.0	microsiemens/ cm	
SOLIDOS TOTALES	66.0	78.0	158.0	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	0.0	0.0	48.0	mg/l	
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	66.0	78.0	110.0	mg/l	
SOLIDOS FIJOS TOTALES	54.0	67.0	127.0	mg/l	
SOLIDOS VOLATILES TOTALES	12.0	11.0	31.0	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS	0.0	0.0	34.0	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES	0.0	0.0	14.0	mg/l	
PH	8.06	8.3	8.9		
OXIGENO DISUELTO	6.60	7.74	6.89	mg/l	
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	0.44	0.70	5.5	mg/l	
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	1.96	3.94	19.7	mg/l	
ALCALINIDAD TOTAL	68.0	70.0	71.0	mg/l, CaCO ₃	
ALCALINIDAD F.	0.0	0.0	7.0	mg/l, CaCO ₃	
DUREZA TOTAL	64.0	66.0	72.0	mg/l, CaCO ₃	
Ca ⁺⁺	22.4	21.6	20.8	mg/l	
Mg ⁺⁺	1.9	2.9	4.9	mg/l	por cálculo
CLORUROS	2.0	4.0	15.0	mg/l	
N. NITRITOS	0.00	0.00	251.05	ug/l	como Nitrógeno
N. NITRATOS	0.0	0.05	0.51	mg/l	como Nitrógeno
FLUOR	0.12	0.15	0.11	mg/l	
AMONIO	< 0,1	< 0,1	1.03	mg/l	
CIANUROS	< 0.02	< 0.02	< 0.02	mg/l	
TANINOS Y LIGNINA	< 1	< 1	< 1	mg/l	
RECUESTO BACTERIANO EN PLACA	5.0	incontables	incontables	colonias/ml	a 35°C.
COLIFORMES TOTALES	14	1.6E+04	2.8E+05	NMP/100 ML	a 37°C.
E. COLI	4.5	7.9E+02	7.0E+04	NMP./100 ML	a 37°C.
RECUESTO DE MOHOS Y LEVADURAS	0.0	0.0	3.0E+03	U.F.C/100 ML	a 35°C.
RECUESTO DE PSEUDOMONA AERUGINOSA	0.0	5.0E+03	8.0E+04	U.F.C/100 ML	a 42°C.

Responsable:

Dra. Guillermina Pauta C.
QUIMICO-ANALISTA



LABORATORIO DE SANITARIA

RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE AGUA

Muestra procedencia: Río Tomebamba
 Tipo de fuente:
 Fecha de toma: 15 de Octubre del 2010
 Fecha de Análisis: 15 de Octubre del 2010
 Análisis solicitado por: Ing. Diego Mora

PARAMETRO	Llaviuco	Sayausí	Monay	UNIDAD	OBSERVACIONES
HORA	11:55	12:55	13:50		
TEMPERATURA	14.2	12.8	16.9	°C.	in situ
TURBIEDAD	1.09	2.70	32.3	NTU, FTU	
COLOR APARENTE	23.0	27.0	149.0	UC, Pt Co	
COLOR REAL	19.0	23.0	62.0	UC, Pt Co	
CONDUCTIVIDAD	125.1	126.0	239.0	microsiemens/ cm	
SOLIDOS TOTALES	81.0	89.0	195.0	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	0.0	4.0	39.0	mg/l	
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	81.0	85.0	156.0	mg/l	
SOLIDOS FIJOS TOTALES	73.0	71.0	158.0	mg/l	
SOLIDOS VOLATILES TOTALES	8.0	18.0	37.0	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS	0.0	0.0	28.0	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES	0.0	4.0	11.0	mg/l	
PH	8.14	8.3	8.3		
OXIGENO DISUELTO	7.35	7.48	7.82	mg/l	
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	0.74	2.79	8.9	mg/l	
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	31,1*	11.66	25.3	mg/l	
ALCALINIDAD TOTAL	65.0	65.0	75.0	mg/l, CaCO ₃	
ALCALINIDAD F.	0.0	0.0	0.0	mg/l, CaCO ₃	
DUREZA TOTAL	68.0	72.0	66.0	mg/l, CaCO ₃	
Ca ⁺⁺	24.0	20.8	18.4	mg/l	
Mg ⁺⁺	1.9	4.9	4.9	mg/l	por cálculo
CLORUROS	0.5	1.5	20.0	mg/l	
N. NITRITOS	7.27	8.48	82.85	ug/l	como Nitrógeno
N. NITRATOS	0.16	0.18	1.1	mg/l	como Nitrógeno
FLUOR	< 0,1	< 0,1	0.16	mg/l	
AMONIO	< 0,1	< 0,1	1.49	mg/l	
CIANUROS	< 0.02	< 0.02	< 0.02	mg/l	
TANINOS Y LIGNINA	< 1	< 1	1.4	mg/l	
RECuento BACTERIANO EN PLACA	3.0	860.0	2900.0	colonias/ml	a 35°C.
COLIFORMES TOTALES	22	1.1E+04	7.0E+05	NMP/100 ML	a 37°C.
E. COLI	11	3.3E+02	3.3E+05	NMP./100 ML	a 37°C.
RECuento DE MOHOS Y LEVADURAS	0.0	0.0	3.0E+03	U.F.C/100 ML	a 35°C.
RECuento DE PSEUDOMONA AERUGINOSA	0.0	3.0E+03	8.0E+04	U.F.C/100 ML	a 42°C.

Responsable:

Dra. Guillermina Pauta C.
QUIMICO-ANALISTA



LABORATORIO DE SANITARIA

RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE AGUA

Muestra procedencia: Río Tomebamba
Tipo de fuente:
Fecha de toma: 27 de Octubre del 2010
Fecha de Análisis: 27 de Octubre del 2010
Análisis solicitado por: Ing. Diego Mora

PARAMETRO	Llaviuco	Sayausí	Monay	UNIDAD	OBSERVACIONES
HORA	9:42	11:00	12:00		
TEMPERATURA	14.4	13.8	16	°C.	in situ
TURBIEDAD	1.40	2.80	44.6	NTU, FTU	
COLOR APARENTE	23.0	22.0	268.0	UC, Pt Co	
COLOR REAL	19.0	17.0	74.0	UC, Pt Co	
CONDUCTIVIDAD	125.9	136.1	184.6	microsiemens/ cm	
SOLIDOS TOTALES	94.0	104.0	204.0	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	0.0	3.0	45.0	mg/l	
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	94.0	101.0	159.0	mg/l	
SOLIDOS FIJOS TOTALES	73.0	70.0	154.0	mg/l	
SOLIDOS VOLATILES TOTALES	21.0	34.0	50.0	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS	0.0	0.0	37.0	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES	0.0	3.0	8.0	mg/l	
PH	7.83	8.2	8.6		
OXIGENO DISUELTO	7.31	7.55	8.03	mg/l	
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	1.01	0.92	4.74	mg/l	
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	3.98	1.99	15.94	mg/l	
ALCALINIDAD TOTAL	68.0	69.0	58.0	mg/l, CaCO ₃	
ALCALINIDAD F.	0.0	0.0	2.0	mg/l, CaCO ₃	
DUREZA TOTAL	70.0	66.0	60.0	mg/l, CaCO ₃	
Ca ⁺⁺	24.0	21.6	20.0	mg/l	
Mg ⁺⁺	2.43	2.92	2.43	mg/l	por cálculo
CLORUROS	2.5	5.0	13.0	mg/l	
N. NITRITOS	0.00	0.51	103.55	ug/l	como Nitrógeno
N. NITRATOS	0.01	0.0	0.57	mg/l	como Nitrógeno
FLUOR	0.34	0.29	0.22	mg/l	
AMONIO	< 0,1	0.21	0.41	mg/l	
CIANUROS	< 0.02	< 0.02	< 0.02	mg/l	
TANINOS Y LIGNINA	< 1	< 1	1.2	mg/l	
RECuento BACTERIANO EN PLACA	10.0	230.0	1200.0	colonias/ml	a 35°C.
COLIFORMES TOTALES	21	3.5E+03	2.8E+05	NMP/100 ML	a 37°C.
E. COLI	13	1.6E+03	1.1E+05	NMP./100 ML	a 37°C.
RECuento DE MOHOS Y LEVADURAS	22.0	10.0	3.0E+02	U.F.C/100 ML	a 35°C.
RECuento DE PSEUDOMONA AERUGINOSA	0.0	2.0E+02	3.0E+03	U.F.C/100 ML	a 42°C.

Responsable:

Dra. Guillermina Pauta C.
QUIMICO-ANALISTA



LABORATORIO DE SANITARIA

RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE AGUA

Muestra procedencia: Río Tomebamba
 Tipo de fuente:
 Fecha de toma: 10 de Noviembre del 2010
 Fecha de Análisis: 10 de Noviembre del 2010
 Análisis solicitado por: Ing. Diego Mora

PARAMETRO	Llaviuco	Sayausí	Monay	UNIDAD	OBSERVACIONES
HORA	11:55	13:15	14:30		
TEMPERATURA	14.9	14.7	18.3	°C.	in situ
TURBIEDAD	1.27	2.50	15.7	NTU, FTU	
COLOR APARENTE	21.0	30.0	96.0	UC, Pt Co	
COLOR REAL	19.0	23.0	45.0	UC, Pt Co	
CONDUCTIVIDAD	132.3	138.4	216.3	microsiemens/ cm	
SOLIDOS TOTALES	83.0	90.0	179.0	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	0.0	2.0	17.0	mg/l	
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	83.0	88.0	162.0	mg/l	
SOLIDOS FIJOS TOTALES	65.0	67.0	131.0	mg/l	
SOLIDOS VOLATILES TOTALES	18.0	23.0	48.0	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS	0.0	0.0	11.0	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES	0.0	2.0	6.0	mg/l	
PH	8.20	8.8	9.44		
OXIGENO DISUELTO	8.27	7.70	8.61	mg/l	
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	1.56	1.13	4.82	mg/l	
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	11.71	23.42	25.38	mg/l	
ALCALINIDAD TOTAL	69.0	67.0	67.0	mg/l, CaCO ₃	
ALCALINIDAD F.	0.0	6.0	6.0	mg/l, CaCO ₃	
DUREZA TOTAL	74.0	70.0	66.0	mg/l, CaCO ₃	
Ca ⁺⁺	23.2	23.2	20.8	mg/l	
Mg ⁺⁺	3.89	2.92	3.40	mg/l	por cálculo
CLORUROS	2.5	2.5	17.5	mg/l	
SULFATOS	3.07	2.63	13.6	mg/l	
N. NITRITOS	0.92	1.32	244.45	ug/l	como Nitrógeno
N. NITRATOS	0.30	0.07	1.05	mg/l	como Nitrógeno
FLUOR	0.21	< 0,1	0.31	mg/l	
AMONIO	0.15	< 0,1	0.26	mg/l	
CIANUROS	< 0.02	< 0.02	< 0.02	mg/l	
TANINOS Y LIGNINA	< 1	< 1	1.2	mg/l	
RECUENTO BACTERIANO EN PLACA	0.0	100.0	1500.0	colonias/ml	a 35°C.
COLIFORMES TOTALES	0.0	3.5E+03	1.7E+05	NMP/100 ML	a 37°C.
E. COLI	0.0	3.5E+02	3.5E+04	NMP./100 ML	a 37°C.
RECUENTO DE MOHOS Y LEVADURAS	0.0	0.0	0.0	U.F.C/100 ML	a 35°C.
RECUENTO DE PSEUDOMONA AERUGINOSA	0.0	1.0E+03	1.0E+04	U.F.C/100 ML	a 42°C.

Responsable:

Dra. Guillermina Pauta C.
 QUIMICO-ANALISTA



LABORATORIO DE SANITARIA

RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE AGUA

Muestra procedencia: Río Tomebamba
 Tipo de fuente:
 Fecha de toma: 22 de Noviembre del 2010
 Fecha de Análisis: 22 de Noviembre del 2010
 Análisis solicitado por: Ing. Diego Mora

PARAMETRO	Llaviuco	Sayausí	Monay	UNIDAD	OBSERVACIONES
HORA	11:20	12:10	13:16		
TEMPERATURA				°C.	in situ
TURBIEDAD	0.88	2.55	14.3	NTU, FTU	
COLOR APARENTE	33.0	46.0	114.0	UC, Pt Co	
COLOR REAL	29.0	31.0	50.0	UC, Pt Co	
CONDUCTIVIDAD	130.1	117.3	155.0	microsiemens/ cm	
SOLIDOS TOTALES	91.0	85.0	137.0	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	0.0	6.0	21.0	mg/l	
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	91.0	79.0	116.0	mg/l	
SOLIDOS FIJOS TOTALES	59.0	65.0	98.0	mg/l	
SOLIDOS VOLATILES TOTALES	32.0	20.0	39.0	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS	0.0	2.0	14.0	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES	0.0	4.0	7.0	mg/l	
PH	8.24	8.31	8.29		
OXIGENO DISUELTO	7.91	7.52	7.04	mg/l	
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	1.80	1.54	5.50	mg/l	
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	7.94	9.92	21.82	mg/l	
ALCALINIDAD TOTAL	60.0	56.0	55.0	mg/l, CaCO ₃	
ALCALINIDAD F.	0.0	0.0	0.0	mg/l, CaCO ₃	
DUREZA TOTAL	60.0	52.0	50.0	mg/l, CaCO ₃	
Ca ⁺⁺	22.4	19.2	16.0	mg/l	
Mg ⁺⁺	0.97	0.97	2.43	mg/l	por cálculo
CLORUROS	3.0	4.0	10.0	mg/l	
SULFATOS	2.85	9.52	12.14	mg/l	
N. NITRITOS	0.11	0.51	124.00	ug/l	como Nitrógeno
N. NITRATOS	0.04	0.11	0.4	mg/l	como Nitrógeno
FLUOR	< 0,1	< 0,1	< 0,1	mg/l	
AMONIO	0.0	< 0,1	0.5	mg/l	
CIANUROS	< 0.02	< 0.02	< 0.02	mg/l	
TANINOS Y LIGNINA	< 1	< 1	1.1	mg/l	
RECUESTO BACTERIANO EN PLACA	6.0	260.0	incontables	colonias/ml	a 35°C.
COLIFORMES TOTALES	17.0	1.7E+03	4.9E+05	NMP/100 ML	a 37°C.
E. COLI	7.8	2.4E+02	2.4E+05	NMP./100 ML	a 37°C.
RECUESTO DE MOHOS Y LEVADURAS	0.0	*	*	U.F.C/100 ML	a 35°C.
RECUESTO DE PSEUDOMONA AERUGINOSA	0.0	3.0E+03	2.0E+04	U.F.C/100 ML	a 42°C.

* No disponibilidad de medios de cultivo.

Responsable:

Dra. Guillermina Pauta C.
 QUIMICO-ANALISTA



LABORATORIO DE SANITARIA

RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE AGUA

Muestra procedencia: Río Tomebamba
Tipo de fuente:
Fecha de toma: 1 de Diciembre del 2010
Fecha de Análisis: 1 de Diciembre del 2010
Análisis solicitado por: Ing. Diego Mora

PARAMETRO	Llaviuco	Sayausí	Monay	UNIDAD	OBSERVACIONES
HORA	11:37	12:38	13:50		
TEMPERATURA	14.9	13.9	16.6	°C.	in situ
TURBIEDAD	0.59	2.91	33.7	NTU, FTU	
COLOR APARENTE	23.0	36.0	186.0	UC, Pt Co	
COLOR REAL	16.0	15.0	40.0	UC, Pt Co	
CONDUCTIVIDAD	120.7	118.9	184.1	microsiemens/ cm	
SOLIDOS TOTALES	76.0	83.0	167.0	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	2.0	6.0	37.0	mg/l	
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	74.0	77.0	130.0	mg/l	
PH	7.63	7.91	8.51		
OXIGENO DISUELTO	9.50	8.37	7.21	mg/l	
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	3.05	2.51	5.49	mg/l	
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	11.90	21.82	21.82	mg/l	
ALCALINIDAD TOTAL	60.0	52.0	74.0	mg/l, CaCO ₃	
ALCALINIDAD F.	0.0	0.0	6.0	mg/l, CaCO ₃	
DUREZA TOTAL	50.0	56.0	56.0	mg/l, CaCO ₃	
Ca ⁺⁺	17.6	20.0	18.4	mg/l	
Mg ⁺⁺	1.46	1.46	2.43	mg/l	por cálculo
CLORUROS	1.5	2.0	13.5	mg/l	
SULFATOS	12.25	11.16	22.09	mg/l	
N. NITRITOS	0.00	0.00	85.40	ug/l	como Nitrógeno
N. NITRATOS	0.03	0.17	0.57	mg/l	como Nitrógeno
COLIFORMES TOTALES	280.0	5.4E+02	5.4E+05	NMP/100 ML	a 37°C.
E. COLI	2.0	1.3E+02	1.1E+05	NMP./100 ML	a 37°C.

* No disponibilidad de medios de cultivo.

Responsable:

Dra. Guillermina Pauta C.
QUIMICO-ANALISTA



LABORATORIO DE SANITARIA

RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE AGUA

Muestra procedencia: Río Tomebamba
Tipo de fuente:
Fecha de toma: 5 de Enero del 2011
Fecha de Análisis: 5 de Enero del 2011
Análisis solicitado por: Ing. Diego Mora

PARAMETRO	Llaviuco	Sayausí	Monay	UNIDAD	OBSERVACIONES
HORA	9:15	10:15	11:15		
TEMPERATURA	12.8	11.7	15	°C.	in situ
TURBIEDAD	0.76	2.74	10.4	NTU, FTU	
COLOR APARENTE	23.0	30.0	77.0	UC, Pt Co	
COLOR REAL	18.0	15.0	28.0	UC, Pt Co	
CONDUCTIVIDAD	126.0	110.3	127.0	microsiemens/ cm	
SOLIDOS TOTALES	42.0	40.0	62.0	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	0.0	2.0	8.0	mg/l	
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	42.0	38.0	54.0	mg/l	
PH	7.32	7.57	7.80		
OXIGENO DISUELTO	7.60	8.13	7.74	mg/l	
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	1.50	1.63	5.69	mg/l	
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	*	4.00	10.00	mg/l	
ALCALINIDAD TOTAL	54.0	50.0	48.0	mg/l, CaCO ₃	
ALCALINIDAD F.	0.0	0.0	6.0	mg/l, CaCO ₃	
DUREZA TOTAL	58.0	72.0	50.0	mg/l, CaCO ₃	
Ca ⁺⁺	19.2	17.6	14.4	mg/l	
Mg ⁺⁺	2.43	6.84	3.40	mg/l	por cálculo
CLORUROS	2.5	3.5	6.0	mg/l	
SULFATOS	18.02	21.98	21.65	mg/l	
N. NITRITOS	2.43	2.43	58.60	ug/l	como Nitrógeno
N. NITRATOS	0.00	0.00	0.16	mg/l	como Nitrógeno
COLIFORMES TOTALES	17.0	9.4E+02	7.0E+05	NMP/100 ML	a 37°C.
E. COLI	13.0	2.4E+02	3.3E+05	NMP./100 ML	a 37°C.

* Resultado no confiable

Responsable:

Dra. Guillermina Pauta C.
QUIMICO-ANALISTA



LABORATORIO DE SANITARIA

RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE AGUA

Muestra procedencia: Río Tomebamba
Tipo de fuente:
Fecha de toma: 12 de Enero del 2011
Fecha de Análisis: 12 de Enero del 2011
Análisis solicitado por: Ing. Diego Mora

PARAMETRO	Llaviuco	Sayausí	Monay	UNIDAD	OBSERVACIONES
HORA	11:55	12:45	13:48		
TEMPERATURA	12	12.1	14.7	°C.	in situ
TURBIDAD	0.98	2.00	6.5	NTU, FTU	
COLOR APARENTE	18.0	30.0	70.0	UC, Pt Co	
COLOR REAL	13.0	20.0	36.0	UC, Pt Co	
CONDUCTIVIDAD	130.6	92.7	91.0	microsiemens/ cm	
SOLIDOS TOTALES	52.0	44.0	64.0	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	0.0	2.0	9.0	mg/l	
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	52.0	42.0	55.0	mg/l	
PH	7.00	8.31	8.26		
OXIGENO DISUELTO	7.10	7.68	8.18	mg/l	
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	0.61	0.64	3.04	mg/l	
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	11.70	9.73	44.76	mg/l	
ALCALINIDAD TOTAL	40.0	47.0	44.0	mg/l, CaCO ₃	
ALCALINIDAD F.	0.0	0.0	6.0	mg/l, CaCO ₃	
DUREZA TOTAL	52.0	44.0	50.0	mg/l, CaCO ₃	
Ca ⁺⁺	16.8	15.2	12.8	mg/l	
Mg ⁺⁺	2.43	1.46	4.37	mg/l	por cálculo
CLORUROS	3.5	3.5	5.0	mg/l	
SULFATOS	7.00	7.66	12.69	mg/l	
N. NITRITOS	1.62	1.62	29.93	ug/l	como Nitrógeno
N. NITRATOS	0.07	0.08	0.2	mg/l	como Nitrógeno
COLIFORMES TOTALES	4.0	1.1E+03	3.4E+05	NMP/100 ML	a 37°C.
E. COLI	2.0	1.3E+02	4.0E+04	NMP./100 ML	a 37°C.

Responsable:

Dra. Guillermina Pauta C.
QUIMICO-ANALISTA



LABORATORIO DE SANITARIA

RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE AGUA

Muestra procedencia: Río Tomebamba
 Tipo de fuente:
 Fecha de toma: 31 de Enero del 2011
 Fecha de Análisis: 31 de Enero del 2011
 Análisis solicitado por: Ing. Diego Mora

PARAMETRO	Llaviuco	Sayausí	Monay	UNIDAD	OBSERVACIONES
HORA	12:00	12:45	13:45		
TEMPERATURA	14.5	13.8	17.4	°C.	in situ
TURBIEDAD	0.75	1.93	15.8	NTU, FTU	
COLOR APARENTE	23.0	28.0	117.0	UC, Pt Co	
COLOR REAL	17.0	18.0	53.0	UC, Pt Co	
CONDUCTIVIDAD	116.0	111.6	138.7	microsiemens/ cm	
SOLIDOS TOTALES	48.0	54.0	109.0	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	0.0	2.0	22.0	mg/l	
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	48.0	52.0	87.0	mg/l	
PH	8.11	8.23	8.52		
OXIGENO DISUELTO	7.25	7.63	7.64	mg/l	
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	1.27	1.84	5.17	mg/l	
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	19.64	17.67	37.32	mg/l	
ALCALINIDAD TOTAL	60.0	60.0	54.0	mg/l, CaCO ₃	
ALCALINIDAD F.	0.0	0.0	5.0	mg/l, CaCO ₃	
DUREZA TOTAL	64.0	56.0	50.0	mg/l, CaCO ₃	
Ca ⁺⁺	23.2	20.0	16.0	mg/l	
Mg ⁺⁺	1.46	1.46	2.43	mg/l	por cálculo
CLORUROS	3.0	4.0	10.0	mg/l	
SULFATOS	6.78	7.33	14.98	mg/l	
N. NITRITOS	0.81	0.00	51.31	ug/l	como Nitrógeno
N. NITRATOS	0.04	0.06	0.37	mg/l	como Nitrógeno
COLIFORMES TOTALES	79.0	7.0E+03	3.5E+05	NMP/100 ML	a 37°C.
E. COLI	23.0	1.7E+02	3.5E+05	NMP./100 ML	a 37°C.

Responsable:

Dra. Guillermina Pauta C.
 QUIMICO-ANALISTA



LABORATORIO DE SANITARIA

RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE AGUA

Muestra procedencia: Río Tomebamba
Tipo de fuente:
Fecha de toma: 9 de Febrero del 2011
Fecha de Análisis: 9 de Febrero del 2011
Análisis solicitado por: Ing. Diego Mora

PARAMETRO	Llaviuco	Sayausí	Monay	UNIDAD	OBSERVACIONES
HORA	10:30	11:20	12:30		
TEMPERATURA	12.4	13	14.2	°C.	in situ
TURBIEDAD	1.51	5.34	29.8	NTU, FTU	
COLOR APARENTE	40.0	61.0	218.0	UC, Pt Co	
COLOR REAL	26.0	33.0	77.0	UC, Pt Co	
CONDUCTIVIDAD	106.5	87.3	75.4	microsiemens/ cm	
SOLIDOS TOTALES	71.0	69.0	123.0	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	3.0	8.0	43.0	mg/l	
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	68.0	61.0	80.0	mg/l	
PH	7.41	7.70	7.72		
OXIGENO DISUELTO	7.37	8.23	7.62	mg/l	
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	1.01	1.20	5.77	mg/l	
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	4.00	13.97	29.94	mg/l	
ALCALINIDAD TOTAL	58.0	46.0	36.0	mg/l, CaCO ₃	
ALCALINIDAD F.	0.0	0.0	5.0	mg/l, CaCO ₃	
DUREZA TOTAL	66.0	46.0	40.0	mg/l, CaCO ₃	
Ca ⁺⁺	19.2	14.4	9.6	mg/l	
Mg ⁺⁺	4.37	2.43	3.89	mg/l	por cálculo
CLORUROS	3.5	3.5	5.0	mg/l	
SULFATOS	11.38	19.03	7.27	mg/l	
N. NITRITOS	1.22	0.00	3.23	ug/l	como Nitrógeno
N. NITRATOS	0.04	0.03	0.17	mg/l	como Nitrógeno
COLIFORMES TOTALES	17.0	5.4E+03	4.6E+05	NMP/100 ML	a 37°C.
E. COLI	17.0	1.7E+03	3.1E+05	NMP./100 ML	a 37°C.

Responsable:

Dra. Guillermina Pauta C.
QUIMICO-ANALISTA



LABORATORIO DE SANITARIA

RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE AGUA

Muestra procedencia: Río Tomebamba
Tipo de fuente:
Fecha de toma: 14 de Febrero del 2011
Fecha de Análisis: 14 de Febrero del 2011
Análisis solicitado por: Ing. Diego Mora

PARAMETRO	Llaviuco	Sayausí	Monay	UNIDAD	OBSERVACIONES
HORA	9:40	10:25	11:20		
TEMPERATURA	12.5	12.1	13.7	°C.	in situ
TURBIEDAD	1.50	3.70	27.0	NTU, FTU	
COLOR APARENTE	23.0	42.0	200.0	UC, Pt Co	
COLOR REAL	15.0	27.0	76.0	UC, Pt Co	
CONDUCTIVIDAD	97.1	86.4	73.7	microsiemens/ cm	
SOLIDOS TOTALES	74.0	78.0	148.0	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	0.0	6.0	42.0	mg/l	
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	74.0	72.0	106.0	mg/l	
PH	7.76	7.92	7.93		
OXIGENO DISUELTO	6.86	7.98	7.90	mg/l	
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	0.29	0.56	1.99	mg/l	
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	6.00	15.97	21.96	mg/l	
ALCALINIDAD TOTAL	50.0	46.0	32.0	mg/l, CaCO ₃	
ALCALINIDAD F.	0.0	0.0	5.0	mg/l, CaCO ₃	
DUREZA TOTAL	48.0	44.0	34.0	mg/l, CaCO ₃	
Ca ⁺⁺	16.0	13.6	10.4	mg/l	
Mg ⁺⁺	1.94	2.43	1.94	mg/l	por cálculo
CLORUROS	3.0	3.0	10.0	mg/l	
SULFATOS	10.28	18.02	7.33	mg/l	
N. NITRITOS	0.00	0.00	2.02	ug/l	como Nitrógeno
N. NITRATOS	0.06	0.09	0.2	mg/l	como Nitrógeno
COLIFORMES TOTALES	17.0	1.7E+03	2.1E+06	NMP/100 ML	a 37°C.
E. COLI	17.0	2.2E+01	6.8E+05	NMP./100 ML	a 37°C.

Responsable:

Dra. Guillermina Pauta C.
QUIMICO-ANALISTA



LABORATORIO DE SANITARIA

RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE AGUA	
Muestra procedencia:	Río Tomebamba
Tipo de fuente:	
Fecha de toma:	28 de Febrero del 2011
Fecha de Análisis:	28 de Febrero del 2011
Análisis solicitado por:	Ing. Diego Mora

PARAMETRO	Llaviuco	Sayausí	Monay	UNIDAD	OBSERVACIONES
HORA	10:40	11:40	12:45		
TEMPERATURA	13.7	13.4	16.6	°C.	in situ
TURBIEDAD	1.25	2.50	8.6	NTU, FTU	
COLOR APARENTE	28.0	32.0	76.0	UC, Pt Co	
COLOR REAL	18.0	23.0	40.0	UC, Pt Co	
CONDUCTIVIDAD	109.5	94.3	113.0	microsiemens/ cm	
SOLIDOS TOTALES	74.0	66.0	133.0	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	0.0	1.0	11.0	mg/l	
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	74.0	65.0	122.0	mg/l	
PH	7.86	8.11	8.15		
OXIGENO DISUELTO	7.02	7.80	7.30	mg/l	
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	0.21	0.85	2.9	mg/l	
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	19.60	17.64	29.40	mg/l	
ALCALINIDAD TOTAL	41.0	47.0	46.0	mg/l, CaCO ₃	
ALCALINIDAD F.	0.0	0.0	5.0	mg/l, CaCO ₃	
DUREZA TOTAL	54.0	42.0	40.0	mg/l, CaCO ₃	
Ca ⁺⁺	19.2	15.2	14.4	mg/l	
Mg ⁺⁺	1.46	5.83	0.97	mg/l	por cálculo
CLORUROS	3.5	3.0	7.0	mg/l	
SULFATOS	9.41	14.98	18.37	mg/l	
N. NITRITOS	1.62	0.00	16.96	ug/l	como Nitrógeno
N. NITRATOS	0.07	0.02	0.36	mg/l	como Nitrógeno
COLIFORMES TOTALES	2.0	2.1E+03	2.5E+05	NMP/100 ML	a 37°C.
E. COLI	2.0	4.0E+02	6.1E+04	NMP./100 ML	a 37°C.

Responsable:

Dra. Guillermina Pauta C.
QUIMICO-ANALISTA



LABORATORIO DE SANITARIA

RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE AGUA

Muestra procedencia: Río Tomebamba
Tipo de fuente:
Fecha de toma: 10 de Marzo del 2011
Fecha de Análisis: 10 de Marzo del 2011
Análisis solicitado por: Ing. Diego Mora

PARAMETRO	Llaviuco	Sayausí	Monay	UNIDAD	OBSERVACIONES
HORA	12:30	13:30	14:25		
TEMPERATURA	14.4	13.3	17.4	°C.	in situ
TURBIEDAD	0.74	1.53	7.8	NTU, FTU	
COLOR APARENTE	32.0	35.0	76.0	UC, Pt Co	
COLOR REAL	27.0	27.0	34.0	UC, Pt Co	
CONDUCTIVIDAD	115.2	108.3	145.2	microsiemens/ cm	
SOLIDOS TOTALES	99.0	72.0	147.0	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	0.0	1.0	4.0	mg/l	
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	99.0	71.0	143.0	mg/l	
PH	8.12	8.32	9.17		
OXIGENO DISUELTO	7.34	7.98	7.74	mg/l	
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	0.32	0.00	2.04	mg/l	
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	15.30	9.56	13.38	mg/l	
ALCALINIDAD TOTAL	58.0	56.0	54.0	mg/l, CaCO ₃	
ALCALINIDAD F.	0.0	0.0	9.0	mg/l, CaCO ₃	
DUREZA TOTAL	58.0	52.0	54.0	mg/l, CaCO ₃	
Ca ⁺⁺	20.0	20.0	16.0	mg/l	
Mg ⁺⁺	1.94	0.49	3.40	mg/l	por cálculo
CLORUROS	3.5	3.0	10.0	mg/l	
SULFATOS	12.69	12.91	17.17	mg/l	
N. NITRITOS	4.44	1.21	120.77	ug/l	como Nitrógeno
N. NITRATOS	0.29	0.12	0.44	mg/l	como Nitrógeno
COLIFORMES TOTALES	7.8	1.6E+04	9.2E+05	NMP/100 ML	a 37°C.
E. COLI	2.0	1.7E+03	7.0E+04	NMP./100 ML	a 37°C.

Responsable:

Dra. Guillermina Pauta C.
QUIMICO-ANALISTA



LABORATORIO DE SANITARIA

RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE AGUA

Muestra procedencia: Río Tomebamba
Tipo de fuente:
Fecha de toma: 24 de Marzo del 2011
Fecha de Análisis: 24 de Marzo del 2011
Análisis solicitado por: Ing. Diego Mora

PARAMETRO	Llaviuco	Sayausí	Monay	UNIDAD	OBSERVACIONES
HORA	10:10	11:00	12:05		
TEMPERATURA	13.5	13.2	16	°C.	in situ
TURBIEDAD	0.97	2.22	15.0	NTU, FTU	
COLOR APARENTE	30.0	32.0	120.0	UC, Pt Co	
COLOR REAL	20.0	23.0	70.0	UC, Pt Co	
CONDUCTIVIDAD	133.1	101.4	150.3	microsiemens/ cm	
SOLIDOS TOTALES	82.0	85.0	125.0	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	0.0	5.0	23.0	mg/l	
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	82.0	80.0	102.0	mg/l	
PH	7.50	7.65	7.73		
OXIGENO DISUELTO	8.04	8.15	6.97	mg/l	
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	1.32	1.14	2.04	mg/l	
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	40.55	15.82	43.50	mg/l	
ALCALINIDAD TOTAL	60.0	56.0	52.0	mg/l, CaCO ₃	
ALCALINIDAD F.	0.0	0.0	0.0	mg/l, CaCO ₃	
DUREZA TOTAL	56.0	54.0	46.0	mg/l, CaCO ₃	
Ca ⁺⁺	20.0	20.0	15.2	mg/l	
Mg ⁺⁺	1.46	0.97	1.94	mg/l	por cálculo
CLORUROS	4.0	3.5	10.0	mg/l	
SULFATOS	7.33	11.16	14.11	mg/l	
N. NITRITOS	4.85	2.02	86.06	ug/l	como Nitrógeno
N. NITRATOS	0.23	0.26	0.39	mg/l	como Nitrógeno
COLIFORMES TOTALES	33.0	3.5E+03	1.6E+07	NMP/100 ML	a 37°C.
E. COLI	7.8	7.9E+02	9.2E+06	NMP./100 ML	a 37°C.

Responsable:

Dra. Guillermina Pauta C.
QUIMICO-ANALISTA



LABORATORIO DE SANITARIA

RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE AGUA

Muestra procedencia: Río Tomebamba
Tipo de fuente:
Fecha de toma: 6 de Abril del 2011
Fecha de Análisis: 6 de Abril del 2011
Análisis solicitado por: Ing. Diego Mora

PARAMETRO	Llaviuco	Sayausí	Monay	UNIDAD	OBSERVACIONES
HORA	9:35	10:20	11:20		
TEMPERATURA	13.9	12	13.9	°C.	in situ
TURBIEDAD	2.50	3.80	175.0	NTU, FTU	
COLOR APARENTE	30.0	54.0	1200.0	UC, Pt Co	
COLOR REAL	23.0	40.0	387.0	UC, Pt Co	
CONDUCTIVIDAD	116.7	83.0	109.5	microsiemens/ cm	
SOLIDOS TOTALES	89.0	89.0	337.0	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	0.0	7.0	141.0	mg/l	
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	89.0	82.0	196.0	mg/l	
PH	7.50	7.68	7.73		
OXIGENO DISUELTO	6.76	8.54		mg/l	
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	0.66	1.86	9.49	mg/l	
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	30.19	18.50	50.65	mg/l	
ALCALINIDAD TOTAL	56.0	46.0	47.0	mg/l, CaCO ₃	
ALCALINIDAD F.	0.0	0.0	0.0	mg/l, CaCO ₃	
DUREZA TOTAL	54.0	44.0	46.0	mg/l, CaCO ₃	
Ca ⁺⁺	20.0	15.2	16.8	mg/l	
Mg ⁺⁺	0.97	1.46	0.97	mg/l	por cálculo
CLORUROS	4.0	4.0	8.5	mg/l	
SULFATOS	8.00	12.36	14.70	mg/l	
N. NITRITOS	5.25	1.62	29.49	ug/l	como Nitrógeno
N. NITRATOS	0.00	0.00	0.24	mg/l	como Nitrógeno
COLIFORMES TOTALES	22.0	2.8E+03	3.3E+06	NMP/100 ML	a 37°C.
E. COLI	11.0	9.4E+02	2.1E+06	NMP./100 ML	a 37°C.

Responsable:

Dra. Guillermina Pauta C.
QUIMICO-ANALISTA



LABORATORIO DE SANITARIA

RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE AGUA

Muestra procedencia: Río Tomebamba
Tipo de fuente:
Fecha de toma: 13 de Abril del 2011
Fecha de Análisis: 13 de Abril del 2011
Análisis solicitado por: Ing. Diego Mora

PARAMETRO	Llaviuco	Sayausí	Monay	UNIDAD	OBSERVACIONES
HORA	9:45	10:36	11:40		
TEMPERATURA	12.7	12.3	14.2	°C.	in situ
TURBIEDAD	3.70	2.80	23.1	NTU, FTU	
COLOR APARENTE	35.0	45.0	155.0	UC, Pt Co	
COLOR REAL	20.0	17.0	80.0	UC, Pt Co	
CONDUCTIVIDAD	105.7	85.4	133.5	microsiemens/ cm	
SOLIDOS TOTALES	91.0	90.0	144.0	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	1.0	2.0	27.0	mg/l	
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	90.0	88.0	117.0	mg/l	
PH	7.27	7.36	7.45		
OXIGENO DISUELTO	7.31	7.92	7.55	mg/l	
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	1.53	1.88	8.28	mg/l	
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	10.00	2.00	22.00	mg/l	
ALCALINIDAD TOTAL	49.0	44.0	46.0	mg/l, CaCO ₃	
ALCALINIDAD F.	0.0	0.0	0.0	mg/l, CaCO ₃	
DUREZA TOTAL	64.0	56.0	58.0	mg/l, CaCO ₃	
Ca ⁺⁺	20.0	16.8	19.2	mg/l	
Mg ⁺⁺	3.40	3.40	2.43	mg/l	por cálculo
CLORUROS	3.0	3.5	8.0	mg/l	
SULFATOS	18.48	13.23	17.83	mg/l	
N. NITRITOS	0.41	0.81	19.39	ug/l	como Nitrógeno
N. NITRATOS	0.05	0.20	0.27	mg/l	como Nitrógeno
COLIFORMES TOTALES	14.0	3.5E+03	1.6E+07	NMP/100 ML	a 37°C.
E. COLI	9.3	1.6E+03	3.5E+06	NMP./100 ML	a 37°C.

Responsable:

Dra. Guillermina Pauta C.
QUIMICO-ANALISTA



LABORATORIO DE SANITARIA

RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE AGUA

Muestra procedencia: Río Tomebamba
Tipo de fuente:
Fecha de toma: 20 de Abril del 2011
Fecha de Análisis: 20 de Abril del 2011
Análisis solicitado por: Ing. Diego Mora

PARAMETRO	Llaviuco	Sayausí	Monay	UNIDAD	OBSERVACIONES
HORA	9:05	10::00	11:00		
TEMPERATURA	12	11.1	12.7	°C.	in situ
TURBIEDAD	1.38	4.16	44.7	NTU, FTU	
COLOR APARENTE	30.0	49.0	283.0	UC, Pt Co	
COLOR REAL	22.0	36.0	142.0	UC, Pt Co	
CONDUCTIVIDAD	106.6	82.0	109.0	microsiemens/ cm	
SOLIDOS TOTALES	76.0	85.0	181.0	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	0.0	0.0	52.0	mg/l	
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	76.0	85.0	129.0	mg/l	
PH	7.24	7.31	7.36		
OXIGENO DISUELTO	6.80	8.27	8.04	mg/l	
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	0.01	0.79	5.79	mg/l	
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	12.00	6.00	28.00	mg/l	
ALCALINIDAD TOTAL	54.0	47.0	44.0	mg/l, CaCO ₃	
ALCALINIDAD F.	0.0	0.0	0.0	mg/l, CaCO ₃	
DUREZA TOTAL	48.0	56.0	50.0	mg/l, CaCO ₃	
Ca ⁺⁺	19.2	16.0	13.6	mg/l	
Mg ⁺⁺	0.00	3.90	3.90	mg/l	por cálculo
CLORUROS	4.5	4.0	8.5	mg/l	
SULFATOS	13.02	16.95	14.47	mg/l	
N. NITRITOS	2.02	1.21	17.78	ug/l	como Nitrógeno
N. NITRATOS	0.04	0.01	0.44	mg/l	como Nitrógeno
COLIFORMES TOTALES	6.8	7.0E+02	9.2E+06	NMP/100 ML	a 37°C.
E. COLI	6.8	7.0E+02	2.2E+06	NMP./100 ML	a 37°C.

Responsable:

Dra. Guillermina Pauta C.
QUIMICO-ANALISTA



LABORATORIO DE SANITARIA

RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE AGUA

Muestra procedencia: Río Tomebamba
Tipo de fuente:
Fecha de toma: 4 de Mayo del 2011
Fecha de Análisis: 4 de Mayo del 2011
Análisis solicitado por: Ing. Diego Mora

PARAMETRO	Llaviuco	Sayausí	Monay	UNIDAD	OBSERVACIONES
HORA	9:13	10:15	11:10		
TEMPERATURA	12.1	11.4	13.2	°C.	in situ
TURBIEDAD	0.72	2.24	11.0	NTU, FTU	
COLOR APARENTE	23.0	37.0	99.0	UC, Pt Co	
COLOR REAL	17.0	28.0	58.0	UC, Pt Co	
CONDUCTIVIDAD	112.0	91.8	99.7	microsiemens/ cm	
SOLIDOS TOTALES	94.0	73.0	134.0	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	0.0	2.0	16.0	mg/l	
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	94.0	71.0	118.0	mg/l	
PH	7.86	7.98	8.14		
OXIGENO DISUELTO	7.03	7.94	7.83	mg/l	
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	0.09	0.11	3.55	mg/l	
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	13.62	8.76	21.41	mg/l	
ALCALINIDAD TOTAL	56.0	44.0	44.0	mg/l, CaCO ₃	
ALCALINIDAD F.	0.0	0.0	0.0	mg/l, CaCO ₃	
DUREZA TOTAL	60.0	50.0	42.0	mg/l, CaCO ₃	
Ca ⁺⁺	22.4	16.8	13.6	mg/l	
Mg ⁺⁺	0.97	1.94	1.94	mg/l	por cálculo
CLORUROS	4.0	3.5	7.0	mg/l	
SULFATOS	11.59	10.39	16.52	mg/l	
N. NITRITOS	2.02	0.81	22.62	ug/l	como Nitrógeno
N. NITRATOS	0.00	0.13	0.23	mg/l	como Nitrógeno
COLIFORMES TOTALES	4.5	1.7E+03	2.2E+06	NMP/100 ML	a 37°C.
E. COLI	0.0	2.8E+02	9.2E+05	NMP./100 ML	a 37°C.

Responsable:

Dra. Guillermina Pauta C.
QUIMICO-ANALISTA



LABORATORIO DE SANITARIA

RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE AGUA

Muestra procedencia: Río Tomebamba
Tipo de fuente:
Fecha de toma: 18 de Mayo del 2011
Fecha de Análisis: 18 de Mayo del 2011
Análisis solicitado por: Ing. Diego Mora

PARAMETRO	Llaviuco	Sayausí	Monay	UNIDAD	OBSERVACIONES
HORA	11:25	12:25	13:25		
TEMPERATURA	13.5	12.1	14.9	°C.	in situ
TURBIEDAD	0.96	1.86	9.6	NTU, FTU	
COLOR APARENTE	17.0	25.0	80.0	UC, Pt Co	
COLOR REAL	15.0	17.0	43.0	UC, Pt Co	
CONDUCTIVIDAD	140.9	104.9	110.3	microsiemens/ cm	
SOLIDOS TOTALES	76.0	80.0	221.0	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	0.0	3.0	12.0	mg/l	
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	76.0	77.0	209.0	mg/l	
PH	8.06	8.24	8.14		
OXIGENO DISUELTO	6.76	7.30	7.28	mg/l	
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	0.01	1.62	5.97	mg/l	
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	20.71	0.97	4.93	mg/l	
ALCALINIDAD TOTAL	58.0	58.0	57.0	mg/l, CaCO ₃	
ALCALINIDAD F.	0.0	0.0	0.0	mg/l, CaCO ₃	
DUREZA TOTAL	56.0	56.0	50.0	mg/l, CaCO ₃	
Ca ⁺⁺	22.4	20.0	19.2	mg/l	
Mg ⁺⁺	0.0	1.46	0.49	mg/l	por cálculo
CLORUROS	3.5	3.0	8.0	mg/l	
SULFATOS	7.33	8.31	12.80	mg/l	
N. NITRITOS	3.34	0.51	83.33	ug/l	como Nitrógeno
N. NITRATOS	0.0	0.13	0.12	mg/l	como Nitrógeno
COLIFORMES TOTALES	0.0	1.6E+03	2.8E+06	NMP/100 ML	a 37°C.
E. COLI	0.0	2.4E+02	1.7E+06	NMP./100 ML	a 37°C.

Responsable:

Dra. Guillermina Pauta C.
QUIMICO-ANALISTA



LABORATORIO DE SANITARIA

RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE AGUA

Muestra procedencia: Río Tomebamba
Tipo de fuente:
Fecha de toma: 1 de Junio del 2011
Fecha de Análisis: 1 de Junio del 2011
Análisis solicitado por: Ing. Diego Mora

PARAMETRO	Llaviuco	Sayausí	Monay	UNIDAD	OBSERVACIONES
HORA	9:15	10:00	10:55		
TEMPERATURA	10.6	10.5	11.5	°C.	in situ
TURBIEDAD	3.00	7.10	14.6	NTU, FTU	
COLOR APARENTE	42.0	62.0	105.0	UC, Pt Co	
COLOR REAL	33.0	38.0	58.0	UC, Pt Co	
CONDUCTIVIDAD	88.0	76.3	71.8	microsiemens/ cm	
SOLIDOS TOTALES	70.0	89.0	79.0	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	4.0	10.0	20.0	mg/l	
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	66.0	79.0	59.0	mg/l	
PH	8.20	7.95	8.10		
OXIGENO DISUELTO	12.40	16.80	8.23	mg/l	
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	5.48	9.45	2.36	mg/l	
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	58.23	29.61	22.70	mg/l	
ALCALINIDAD TOTAL	40.0	34.0	29.0	mg/l, CaCO ₃	
ALCALINIDAD F.	0.0	0.0	0.0	mg/l, CaCO ₃	
DUREZA TOTAL	48.0	34.0	32.0	mg/l, CaCO ₃	
Ca ⁺⁺	16.0	12.8	12.0	mg/l	
Mg ⁺⁺	1.9	0.49	0.49	mg/l	por cálculo
CLORUROS	4.0	3.5	5.0	mg/l	
SULFATOS	17.06	13.13	18.7	mg/l	
N. NITRITOS	0.0	0.0	8.18	ug/l	como Nitrógeno
N. NITRATOS	0.0	0.0	0.05	mg/l	como Nitrógeno
COLIFORMES TOTALES	12.0	1.1E+03	1.6E+06	NMP/100 ML	a 37°C.
E. COLI	6.8	1.4E+02	2.1E+05	NMP./100 ML	a 37°C.

Responsable:

Dra. Guillermina Pauta C.
QUIMICO-ANALISTA



LABORATORIO DE SANITARIA

RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE AGUA

Muestra procedencia:	Río Tomebamba
Tipo de fuente:	
Fecha de toma:	14 de Junio del 2011
Fecha de Análisis:	14 de Junio del 2011
Análisis solicitado por:	Ing. Diego Mora

PARAMETRO	Llaviuco	Sayausí	Monay	UNIDAD	OBSERVACIONES
HORA	9:40	10:45	12:03		
TEMPERATURA	11	10.7	13.4	°C.	in situ
TURBIEDAD	1.78	3.77	11.7	NTU, FTU	
COLOR APARENTE	27.0	32.0	64.0	UC, Pt Co	
COLOR REAL	18.0	20.0	33.0	UC, Pt Co	
CONDUCTIVIDAD	104.3	107.5	124.4	microsiemens/ cm	
SOLIDOS TOTALES	73.0	83.0	106.0	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	1.0	7.0	12.0	mg/l	
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	72.0	76.0	94.0	mg/l	
PH	7.60	7.82	7.95		
OXIGENO DISUELTO	6.92	8.05	7.95	mg/l	
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	0.01	0.02	6.25	mg/l	
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	3.98	1.00	13.92	mg/l	
ALCALINIDAD TOTAL	58.0	54.0	54.0	mg/l, CaCO ₃	
ALCALINIDAD F.	0.0	0.0	0.0	mg/l, CaCO ₃	
DUREZA TOTAL	60.0	56.0	50.0	mg/l, CaCO ₃	
Ca ⁺⁺	18.4	20.0	16.0	mg/l	
Mg ⁺⁺	3.4	1.46	2.43	mg/l	por cálculo
CLORUROS	3.5	4.0	7.0	mg/l	
SULFATOS	20.27	18.61	32.6	mg/l	
N. NITRITOS	0.0	0.0	36.47	ug/l	como Nitrógeno
N. NITRATOS	0.17	0.04	0.28	mg/l	como Nitrógeno
COLIFORMES TOTALES	2.0	1.6E+04	1.6E+07	NMP/100 ML	a 37°C.
E. COLI	2.0	5.4E+02	2.8E+06	NMP./100 ML	a 37°C.

Responsable:

Dra. Guillermina Pauta C.
QUIMICO-ANALISTA



LABORATORIO DE SANITARIA

RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE AGUA

Muestra procedencia: Río Tomebamba
Tipo de fuente:
Fecha de toma: 29 de Junio del 2011
Fecha de Análisis: 29 de Junio del 2011
Análisis solicitado por: Ing. Diego Mora

PARAMETRO	Llaviuco	Sayausí	Monay	UNIDAD	OBSERVACIONES
HORA	11:30	12:45	16:00		
TEMPERATURA	11.5	12.7	15.5	°C.	in situ
TURBIEDAD	1.04	2.10	18.0	NTU, FTU	
COLOR APARENTE	27.0	28.0	106.0	UC, Pt Co	
COLOR REAL	27.0	25.0	60.0	UC, Pt Co	
CONDUCTIVIDAD	94.0	91.5	93.2	microsiemens/ cm	
SOLIDOS TOTALES	61.0	111.0	125.0	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	0.0	1.0	22.0	mg/l	
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	61.0	110.0	103.0	mg/l	
PH	7.19	7.34	7.91		
OXIGENO DISUELTO	9.22	7.92	7.63	mg/l	
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	2.44	1.25	2.65	mg/l	
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	36.00	6.00	8.00	mg/l	
ALCALINIDAD TOTAL	50.0	47.0	40.0	mg/l, CaCO ₃	
ALCALINIDAD F.	0.0	0.0	0.0	mg/l, CaCO ₃	
DUREZA TOTAL	52.0	50.0	44.0	mg/l, CaCO ₃	
Ca ⁺⁺	19.2	16.8	12.8	mg/l	
Mg ⁺⁺	1.0	1.94	2.92	mg/l	por cálculo
CLORUROS	4.0	4.0	7.0	mg/l	
SULFATOS	9.08	13.13	12.3	mg/l	
N. NITRITOS	0.0	5.4	22.30	ug/l	como Nitrógeno
N. NITRATOS	0.07	0.00	0.06	mg/l	como Nitrógeno
COLIFORMES TOTALES	4.5	1.6E+04	1.7E+05	NMP/100 ML	a 37°C.
E. COLI	4.5	5.4E+03	1.5E+05	NMP./100 ML	a 37°C.

Responsable:

Dra. Guillermina Pauta C.
QUIMICO-ANALISTA



LABORATORIO DE SANITARIA

RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE AGUA

Muestra procedencia: Río Tomebamba
Tipo de fuente:
Fecha de toma: 13 de Julio del 2011
Fecha de Análisis: 13 de Julio del 2011
Análisis solicitado por: Ing. Diego Mora

PARAMETRO	Llaviuco	Sayausí	Monay	UNIDAD	OBSERVACIONES
HORA	9:15	10:10	11:10		
TEMPERATURA	9.6	9.6	10.8	°C.	in situ
TURBIEDAD	2.34	5.31	34.3	NTU, FTU	
COLOR APARENTE	42.0	51.0	185.0	UC, Pt Co	
COLOR REAL	34.0	32.0	85.0	UC, Pt Co	
CONDUCTIVIDAD	80.5	69.6	72.2	microsiemens/ cm	
SOLIDOS TOTALES	90.0	78.0	146.0	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	0.0	10.0	46.0	mg/l	
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	90.0	68.0	100.0	mg/l	
PH	8.00	7.95	7.90		
OXIGENO DISUELTO	8.28	8.62	8.42	mg/l	
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	0.48	1.27	2.35	mg/l	
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	19.68	33.45	37.39	mg/l	
ALCALINIDAD TOTAL	48.0	38.0	34.0	mg/l, CaCO ₃	
ALCALINIDAD F.	0.0	0.0	0.0	mg/l, CaCO ₃	
DUREZA TOTAL	44.0	36.0	36.0	mg/l, CaCO ₃	
Ca ⁺⁺	15.2	12.0	11.2	mg/l	
Mg ⁺⁺	1.5	1.46	1.94	mg/l	por cálculo
CLORUROS	4.0	4.5	5.0	mg/l	
SULFATOS	16.41	17.17	19.6	mg/l	
N. NITRITOS	0.0	0.0	9.80	ug/l	como Nitrógeno
N. NITRATOS	0.03	0.16	0.26	mg/l	como Nitrógeno
COLIFORMES TOTALES	17.0	48.0	3.9E+05	NMP/100 ML	a 37°C.
E. COLI	13.0	48.0	2.2E+05	NMP./100 ML	a 37°C.

Responsable:

Dra. Guillermina Pauta C.
QUIMICO-ANALISTA



7.4.RESULTADOS DE LABORATORIO EN LAS FUENTES PUNTUALES

LABORATORIO DE SANITARIA												
RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE AGUA												
Muestra procedencia: Fuentes puntuales de contaminación												
Tipo de fuente: Superficial												
Fecha de toma y análisis: 15 de junio de 2011												
Análisis solicitado por: Ing. Diego Mora.												
CAUDAL MEDIO												
PARAMETRO	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	Unidades
HORA	CB	TQ1	TQ2	TQ3	TQ4	YN1	YN2	TM1	TM2	TM3	LL1	
TEMPERATURA	6:08	8:22	9:23	13:10	13:25	13:29	15:18	13:58	14:23	15:45	12:10	in situ
TURBEDAD	11:2	11:6	11:8	13:8	13:5	11:4	12:3	11:8	11:5	11:8	10:8	in situ
CONDUCTIVIDAD	120.0	16.2	20.7	58.4	29.2	25.6	17.9	51.6	231.0	47.6	2.0	NTU (FTU)
SOLIDOS TOTALES	192.4	82.7	90.3	289.8	104.7	104.6	91.2	120.4	96.7	100.0	101.4	uS/cm
SOLIDOS TOTALES FIJOS	351.0	116.0	155.0	271.0	164.0	126.0	162.0	160.0	381.0	189.0	86.0	mg/l
SOLIDOS TOTALES VOLATILES	281.0	83.0	92.0	157.0	112.0	98.0	124.0	106.0	346.0	156.0	70.0	mg/l
SOLIDOS TOTALES DISUUELTOS	70.0	33.0	63.0	114.0	52.0	28.0	38.0	54.0	35.0	33.0	16.0	mg/l
SOLIDOS DISUUELTOS FIJOS	150.0	97.0	134.0	210.0	106.0	111.0	132.0	94.0	78.0	86.0	84.0	mg/l
SOLIDOS DISUUELTOS VOLATILES	112.0	69.0	77.0	135.0	67.0	86.0	110.0	69.0	69.0	69.0	70.0	mg/l
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	38.0	28.0	57.0	75.0	39.0	25.0	22.0	25.0	9.0	17.0	14.0	mg/l
SOLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS	201.0	19.0	21.0	61.0	58.0	15.0	30.0	66.0	303.0	103.0	2.0	mg/l
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES	169.0	14.0	15.0	22.0	45.0	12.0	14.0	37.0	277.0	87.0	0.0	mg/l
PH	32.0	5.0	6.0	39.0	13.0	3.0	16.0	29.0	26.0	16.0	2.0	mg/l
CLORUROS	7.45	7.61	7.82	8.05	7.93	8.64	8.24	8.09	8.32	9.02	8.67	
P.DE ORTOFOSFATOS DISUUELTOS	17.00	9.00	11.00	28.50	9.00	9.00	8.00	10.00	5.00	5.00	4.00	mg/l
N. NITRITOS	0.28	0.13	0.10	2.06	0.97	0.05	0.23	0.29	0.09	0.07	0.05	mg/l, como Fósforo
N. NITRATOS	26.67	6.47	0.00	11.31	8.89	17.78	18.99	21.40	25.05	10.10	1.61	mg/l como Nitrógeno
OXIGENO DISUELTO	0.19	0.17	0.07	0.14	0.25	0.23	0.06	0.07	0.03	0.14	0.37	mg/l como Nitrógeno
DEMANDA BIOQUIMICA	6.84	6.94	7.26	5.32	6.21	7.55	7.45	6.68	8.08	8.08	7.60	mg/l
DEMANDA QUIMICA	12.19	1.38	9.65	40.20	10.43	1.45	10.44	37.22	4.96	6.52	0.59	mg/l
COLIFORMES TOTALES	29.82	35.78	17.89	97.41	21.87	13.92	27.83	78.53	24.85	40.75	1.98	mg/l
E. COLI	1.10E+08	2.80E+04	7.0E+04	3.5E+10	4.3E+07	6.3E+04	2.8E+07	1.6E+08	7.0E+04	3.2E+05	3.3E+03	NMP/100 ML
	9.20E+07	1.10E+04	2.6E+04	2.8E+08	4.5E+06	2.1E+04	4.7E+06	9.2E+07	1.7E+04	1.3E+05	3.3E+03	NMP/100 ML



RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE AGUA

CAUDAL ALTO

Muestra procedencia: Fuentes puntuales de contaminación
 Tipo de fuente: Superficial
 Fecha de toma y análisis: 29 de junio de 2011
 Análisis solicitado por: Ing. Diego Mora.

PARAMETRO	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	Unidades
	CB	TQ1	TQ2	TQ3	TQ4	YN1	YN2	TM1	TM2	TM3	LL1	
HORA	6:02	8:25	9:15	13:27	13:50	13:17	15:20	13:44	14:08	15:45	12:10	in situ
TEMPERATURA	10.70	12.20	12.80	15.90	16.20	16.60	15.60	13.50	14.40	15.60	13.20	in situ
TURBIEDAD	54.10	20.20	24.60	69.30	133.00	17.30	27.00	11.60	860.00	80.10	2.42	NTU (FTU)
CONDUCTIVIDAD	113.50	91.20	100.00	166.80	966.00	97.30	94.80	90.00	102.50	106.30	95.10	uS/cm
SOLIDOS TOTALES	161.00	109.00	124.00	276.00	841.00	94.00	112.00	79.00	1573.00	437.00	80.00	mg/l
SOLIDOS TOTALES FIJOS	106.00	59.00	74.00	182.00	628.00	67.00	82.00	55.00	1523.00	188.00	55.00	mg/l
SOLIDOS TOTALES VOLATILES	55.00	50.00	50.00	94.00	213.00	27.00	30.00	24.00	50.00	249.00	25.00	mg/l
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	108.00	95.00	100.00	185.00	165.00	81.00	87.00	69.00	977.00	291.00	79.00	mg/l
SOLIDOS DISUELTOS FIJOS	62.00	48.00	57.00	119.00	576.00	61.00	69.00	51.00	975.00	59.00	55.00	mg/l
SOLIDOS DISUELTOS VOLATILES	46.00	47.00	43.00	66.00	100.00	20.00	18.00	18.00	2.00	232.00	24.00	mg/l
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	53.00	14.00	24.00	91.00	165.00	13.00	25.00	10.00	596.00	146.00	1.00	mg/l
SOLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS	44.00	11.00	17.00	63.00	52.00	6.00	13.00	4.00	548.00	129.00	0.00	mg/l
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES	9.00	3.00	7.00	28.00	113.00	7.00	12.00	6.00	48.00	17.00	1.00	mg/l
PH	6.77	7.00	7.10	7.53	7.75	7.68	7.80	7.74	7.85	7.91	7.40	
CLORUROS	7.50	7.50	8.50	13.00	100.00	7.50	8.00	5.00	4.00	5.00	3.00	mg/l
P.DE ORTOFOSFATOS DISUELTOS	0.12	0.09	0.10	1.27	1.74	0.11	0.18	0.13	0.18	0.16	0.46	mg/l, como Fósforo
N. NITRITOS	6.87	6.06	7.27	10.50	18.90	19.80	24.65	9.80	4.84	15.76	0.00	mg/l como Nitrógeno
N. NITRATOS	0.07	0.00	0.01	0.04	0.00	0.13	0.01	0.00	0.03	0.19	0.00	mg/l como Nitrógeno
OXIGENO DISUELTTO	7.72	6.85	6.99	6.32	6.71	6.63	7.50	7.80	7.10	7.01	6.80	mg/l
DEMANDA BIOQUIMICA	2.40	1.00	1.38	24.90	104.00	1.60	8.40	11.30	4.46	6.90	0.25	mg/l
DEMANDA QUIMICA	26.00	20.00	28.00	96.00	280.00	78.00	28.00	38.00	26.00	28.00	4.00	mg/l
COLIFORMES TOTALES	1.70E+07	5.40E+04	9.2E+05	1.6E+11	1.6E+12	9.4E+04	2.2E+07	2.8E+08	1.1E+05	1.4E+08	2.7E+03	NMP/100 ML
E. COLI	1.70E+06	1.70E+04	5.4E+05	1.7E+09	1.4E+12	3.3E+04	4.7E+06	3.2E+07	1.1E+05	2.1E+07	1.1E+03	NMP/100 ML



RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE AGUA												
Muestra procedencia: Fuentes puntuales de contaminación												
Tipo de fuente: Superficial												
Fecha de toma y análisis: 23 de julio de 2014												
Análisis solicitado por: Ing. Diego Mora.												
CAUDAL ALTO												
PARAMETRO	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	Unidades
HORA	CB	TQ1	TQ2	TQ3	TQ4	YN1	YN2	TM1	TM2	TM3	LL1	
TEMPERATURA	10:50	11:12	11:40	12:10	12:46	13:20	17:04	15:45	16:00	17:04	15:03	in situ
TURBEDAD	11:20	11:40	11:40	12:20	12:50	12:10	13:60	11:40	12:00	13:50	11:40	in situ
COLOR APARENTE	21:00	13:40	13:20	12:30	11:30	3:69	4:63	1:97	1:53	3:71	0:96	NTU (FTU)
COLOR REAL	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	
COLOR APARENTE	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	
COLOR REAL	147:00	109:00	122:00	128:00	113:00	49:00	65:00	43:00	30:00	51:00	38:00	U.C (P-Co)
CONDUCTIVIDAD	60:00	66:00	80:00	72:00	70:00	33:00	53:00	40:00	21:00	37:00	36:00	U.C (P-Co)
SOLIDOS TOTALES	133:10	81:90	93:50	97:80	86:70	69:00	92:80	79:20	94:90	97:90	109:80	uS/cm
SOLIDOS TOTALES FJOS	128:00	90:00	101:00	104:00	79:00	61:00	79:00	50:00	46:00	77:00	53:00	mg/l
SOLIDOS TOTALES VOLATILES	17:00	4:00	4:00	5:00	9:00	1:00	15:00	1:00	2:00	1:00	2:00	mg/l
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	111:00	86:00	97:00	99:00	70:00	60:00	64:00	49:00	44:00	76:00	51:00	mg/l
SOLIDOS SUSPENDIDOS FJOS	123:00	87:00	96:00	94:00	77:00	57:00	71:00	47:00	39:00	76:00	52:00	mg/l
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES	14:00	3:00	1:00	0:00	8:00	0:00	14:00	0:00	0:00	0:00	1:00	mg/l
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	109:00	84:00	95:00	94:00	69:00	57:00	57:00	47:00	39:00	76:00	51:00	mg/l
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	5:00	3:00	5:00	10:00	2:00	4:00	8:00	3:00	7:00	1:00	1:00	mg/l
SOLIDOS SUSPENDIDOS FJOS	3:00	1:00	3:00	5:00	1:00	1:00	1:00	1:00	2:00	1:00	1:00	mg/l
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES	2:00	2:00	2:00	5:00	1:00	3:00	7:00	2:00	5:00	0:00	0:00	mg/l
PH	7.49	7.24	7.65	7.26	7.72	7.34	7.79	7.40	7.68	7.62	7.19	
CLORUROS	11.40	8.70	10.20	14.00	11.10	7.90	11.40	6.00	7.30	11.20	8.10	mg/l
ALCALINIDAD TOTAL	63.60	39.20	40.00	40.40	37.80	33.60	38.40	41.20	51.00	42.20	55.80	mg/l, CaCO3
DUREZA TOTAL	35.60	25.60	29.80	28.20	26.60	28.20	29.80	36.00	43.00	38.40	52.20	mg/l, CaCO3
CALCIO	8.80	6.40	8.00	7.20	8.00	8.00	8.00	12.00	13.60	12.00	16.00	mg/l
MAGNESIO	3.30	2.33	2.38	2.47	1.60	1.99	2.38	1.45	2.18	2.04	2.96	mg/l
SULFATOS	3.34	0.48	0.28	2.72	1.38	0.97	3.01	3.35	2.71	3.81	0.47	mg/l
P.DE ORTOFOSFATOS DISUELTOS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	mg/l, como Fósforo
N. AMONIA CAL	0.49	0.01	0.13	0.41	0.12	0.04	0.09	0.12	0.40	0.13	0.13	mg/l como Nitrógeno
N. NITROS	19.90	13.84	6.57	10.61	15.86	2.53	30.41	0.00	2.94	24.35	4.15	ug/l como Nitrógeno
N. NITRATOS	0.16	0.16	0.13	0.15	0.19	0.10	0.13	0.07	0.14	0.20	0.17	mg/l como Nitrógeno
OXIGENO DISUELTO	10.54	9.30	10.40	8.40	8.50	8.40	7.80	7.40	10.40	7.65	9.30	mg/l
DEMANDA BIOQUIMICA	14.50	7.60	9.40	8.00	5.40	3.80	3.96	2.30	3.40	3.60	3.20	mg/l
DEMANDA QUIMICA	1593.60	1553.76	179.39	209.28	83.05	53.15	3.98	23.25	26.57	3.98	3.32	mg/l
COLIFORMES TOTALES	3.50E+07	2.10E+04	3.40E+04	1.60E+08	6.30E+06	4.30E+05	4.60E+05	1.60E+04	1.60E+04	1.70E+05	9.80E+02	NMP/100 ML
E. COLI	3.10E+07	2.10E+04	9.30E+03	1.00E+08	1.10E+06	6.30E+04	3.50E+05	1.60E+04	9.21E+03	1.70E+05	7.00E+01	NMP/100 ML



RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE AGUA												
Muestra procedencia: Fuentes puntuales de contaminación												
Tipo de fuente: Superficial												
Fecha de toma y análisis: 25 de septiembre de 2014												
Análisis solicitado por: Ing. Diego Mora.												
CAUDAL BAJO												
PARAMETRO	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	Unidades
	CB	TQ1	TQ2	TQ3	TQ4	YN1	YN2	TM1	TM2	TM3	LL1	
HORA	10:50	11:12	11:40	12:10	12:46	13:20	17:04	15:45	16:00	17:04	15:03	in situ
TEMPERATURA	13.10	15.80	16.00	16.40	17.00	17.40	17.20	14.13	14.60	17.00	13.50	in situ
TURBEDAD	27.70	11.50	41.10	14.00	24.70	4.66	10.70	0.81	1.30	10.20	0.87	NTU (FTU)
COLOR APARENTE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
COLOR REAL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
COLOR APARENTE	201.00	181.00	338.00	146.00	208.00	64.00	112.00	16.00	23.00	98.00	26.00	U.C (P-Co)
COLOR REAL	147.00	60.00	150.00	58.00	110.00	25.00	68.00	14.00	11.00	37.00	15.00	U.C (P-Co)
CONDUCTIVIDAD	171.50	119.60	136.30	103.70	110.20	80.20	124.10	82.80	99.40	118.00	109.10	uS/cm
SOLIDOS TOTALES	150.00	116.00	196.00	102.00	100.00	60.00	97.00	59.00	67.00	95.00	67.00	mg/l
SOLIDOS TOTALES FJOS	116.00	92.00	146.00	86.00	61.00	40.00	74.00	2.00	1.00	6.00	3.00	mg/l
SOLIDOS TOTALES VOLATILES	34.00	24.00	50.00	16.00	39.00	20.00	23.00	57.00	66.00	89.00	64.00	mg/l
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	144.00	106.00	114.00	91.00	74.00	54.00	85.00	56.00	64.00	82.00	65.00	mg/l
SOLIDOS DISUELTOS FJOS	115.00	85.00	75.00	77.00	36.00	40.00	66.00	2.00	1.00	1.00	3.00	mg/l
SOLIDOS DISUELTOS VOLATILES	29.00	21.00	39.00	14.00	38.00	14.00	19.00	54.00	63.00	81.00	62.00	mg/l
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	6.00	10.00	82.00	11.00	26.00	6.00	12.00	3.00	3.00	13.00	2.00	mg/l
SOLIDOS SUSPENDIDOS FJOS	1.00	7.00	71.00	9.00	25.00	0.00	8.00	0.00	0.00	5.00	0.00	mg/l
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES	5.00	3.00	11.00	2.00	1.00	6.00	4.00	3.00	3.00	8.00	2.00	mg/l
PH	7.42	7.49	7.55	7.76	7.78	8.05	7.89	8.18	8.08	8.01	8.35	
CLORUROS	19.00	10.60	14.50	8.10	10.10	8.40	15.40	3.50	6.10	9.10	3.50	mg/l
ALCALINIDAD TOTAL	71.00	50.40	49.40	45.20	47.40	39.80	52.00	42.00	48.20	50.80	55.80	mg/l, CaCO3
DUREZA TOTAL	57.20	40.00	56.20	45.20	41.40	34.20	52.20	67.60	56.20	55.80	58.40	mg/l, CaCO3
CALCIO	14.00	10.48	13.44	9.60	9.76	9.20	11.76	14.40	18.72	14.96	19.68	mg/l
MAGNESIO	5.39	3.35	5.49	5.15	4.13	2.72	5.54	7.67	2.28	4.47	2.23	mg/l
SULFATOS	3.61	0.30	1.41	1.14	1.55	1.92	5.21	2.82	3.44	4.89	3.09	mg/l
P.DE ORTOFOSFATOS DISUELTOS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	mg/l, como Fósforo
N. AMONIA CAL	0.04	0.01	0.03	0.01	0.02	0.01	0.03	0.00	0.00	0.02	0.00	mg/l como Nitrógeno
N. NITROS	32.83	112.80	27.18	20.31	22.73	5.76	58.29	7.38	48.99	50.61	57.88	ug/l como Nitrógeno
N. NITRATOS	0.22	0.20	0.15	0.16	0.20	0.11	0.41	0.15	0.17	0.27	0.18	mg/l como Nitrógeno
OXIGENO DISUELTO	7.35	7.62	6.75	7.47	7.31	6.57	7.08	7.70	6.80	6.85	7.30	mg/l
DEMANDA BIOQUIMICA	2.89	0.72	3.07	0.76	0.62	0.09	0.63	2.60	1.10	4.20	0.90	mg/l
DEMANDA QUIMICA	117.42	64.05	56.93	64.05	772.17	28.46	56.37	28.46	10.67	526.64	10.67	mg/l
COLIFORMES TOTALES	1.70E+08	4.90E+04	1.30E+05	1.10E+06	9.40E+05	1.10E+06	2.20E+06	9.20E+02	1.10E+02	1.10E+06	7.00E+01	NMP/100 ML
E. COLI	3.30E+07	3.30E+04	1.30E+05	7.00E+05	1.70E+05	7.20E+05	7.00E+05	1.70E+02	3.10E+03	1.70E+05	4.60E+01	NMP/100 ML



7.5. LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE, TULAS

Elaboración: Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes: Recurso agua. Libro VI Anexo 1.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas.	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aldehídos		mg/l	2,0
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	Nmp/100 ml		⁸ Remoción > al 99,9 %
Color real	Color real	unidades de color	* Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅ .	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	250
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitratos + Nitritos	Expresado como Nitrógeno (N)	mg/l	10,0

Fuente: (Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS), 2003)



Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	15
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,05
Organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales.	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		05-sep
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Sedimentables		ml/l	1,0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	100
Sólidos totales		mg/l	1 600
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	1000
Sulfitos	SO ₃	mg/l	2,0
Sulfuros	S	mg/l	0,5
Temperatura	°C		< 35
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0
Vanadio		mg/l	5,0
Zinc	Zn	mg/l	5,0

Fuente: (Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS), 2003)