



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA Y AFORO DEL RÍO PICHÁN EN
EL TRAMO 17 M 770421 9990203 (UTM) - 17 M 770302 9994845 (UTM),
PARROQUIA SAN MIGUEL DE NONO.

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de Ingeniero Ambiental en Prevención y
Remediación

Profesor Guía
M.Sc. Santiago Piedra

Autor
Daniel Mauricio Rivadeneira Toro

Año
2015

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.”

Santiago Daniel Piedra Burgos
Ingeniero Civil
CI: 151538415-0

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

Daniel Mauricio Rivadeneira Toro

CI: 171956551-5

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y a mi hermano por su apoyo y amor incondicional; a mis amigos por soportarme y brindarme su guía, apoyo y tranquilidad a lo largo de este proyecto; a la Ing. Paola Posligua por haber sabido guiar mi carrera universitaria; al Ing. Tomás Villón por su apoyo y comunicación; al Ing. Santiago Piedra por su guía y aportes, a todos los profesores que supieron compartir su tiempo y conocimiento; al personal del Laboratorio Central de Control de la Calidad del Agua de la EPMAPS; a la población de San Miguel de Nono por haberme brindado su hospitalidad y facilidades para que se pueda cumplir este proyecto.

DEDICATORIA

A toda mi familia, especialmente a mis padres quienes con su esfuerzo y sacrificio me han convertido en la persona que soy hoy en día; a mi hermano y mis amigos de toda la vida, los 7, la Gallada, Visión Universitaria, quienes han sabido ser mi apoyo incondicional; a mis profesores, compañeros y colegas que a lo largo de estos cinco años de vida universitaria me supieron brindar su amistad

RESUMEN

El presente trabajo de titulación tuvo como finalidad el evaluar la calidad del agua del río Pichán, ubicado en la parroquia San Miguel de Nono. Esta evaluación se basó en la identificación y valoración del agua en el tramo del río que atravesó la zona urbana rural de la parroquia; para lo cual se llevó a cabo el monitoreo en los meses de diciembre, enero y febrero; planteando seis diferentes puntos de control a lo largo del río Pichán. Los muestreos fueron realizados en campo con ayuda de metodologías tanto nacionales como internacionales y los análisis de las mismas fueron realizados en el Laboratorio Central de Control de la Calidad del Agua de la EPMAPS por medio de técnicas validadas y acreditadas. Los resultados finales fueron interpretados por medio de normativas nacionales logrando identificar variaciones importantes en el DBO, DQO y Coliformes Totales, los cuales se vieron influenciados por las descargas directas de aguas residuales domésticas e industriales a lo largo de zona rural de la parroquia San Miguel de Nono.

Finalmente, por medio de la elaboración de diferentes matrices de factores indicativos de la contaminación se determinó la influencia neta de las actividades desarrolladas en la parroquia San Miguel de Nono sobre el río Pichán, logrando concluir que la calidad del agua del mismo se encuentra en niveles normales en su mayoría, por lo que debe existir un plan de mitigación y conservación de los recursos hídricos por parte de la junta parroquial.

ABSTRACT

The current study was aimed to evaluate the water quality of the Pichán river, which it is located at the parish of San Miguel de Nono. This evaluation was based on the identification and assessment of the water between two points of the river that crosses the urban rural parish, for which the monitoring was carried out in six different checkpoints and sampling along the river, for a period of three months between December of 2014 and February of 2015. The samplings were made in accordance with national and international methodologies and the analysis were performed at the Laboratorio Central de Control de la Calidad del Agua from the EPMAPS through validated and approved techniques. The final results were interpreted with the national regulations, identifying important changes in the BOD, COD and Total Coliform, which were influenced by the direct discharge of domestic and industrial wastewater along rural parish San Miguel de Nono.

Finally, through the development of different kinds of matrix indicative contamination factors the net impact of the activities in the parish San Miguel de Nono was determined on Pichán river, concluding that the water quality is at normal levels and it is responsibility of the Nono's Government to keep it that way.

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| Antecedentes | 2 |
| Alcance | 3 |
| Justificación | 3 |
| Objetivos..... | 4 |
| Objetivo General..... | 4 |
| Objetivos Específicos..... | 4 |
| 1. CAPITULO I: MARCO REFERENCIAL | 5 |
| 1.1. Contaminación de ríos | 5 |
| 1.1.1. Ríos del Ecuador, problemática de contaminación..... | 6 |
| 1.1.2. Ríos de Quito..... | 7 |
| 1.2. Monitoreo de ríos..... | 8 |
| 1.2.1. Evaluación de la calidad del agua | 8 |
| 1.2.2. Planes de monitoreo..... | 8 |
| 1.3. Diseño de monitoreo de ríos..... | 10 |
| 1.3.1. Tipo de muestreo..... | 10 |
| 1.3.2. Ubicación del muestreo | 11 |
| 1.3.3. Selección de parámetros | 11 |
| 1.4. Marco normativo | 12 |
| 2. CAPITULO II: METODOLOGÍA..... | 13 |
| 2.1. Caracterización del área de estudio..... | 13 |
| 2.1.1. Descripción general del área | 14 |

| | | |
|--------|--|-----------|
| 2.1.2. | Selección del sitio de muestreo | 15 |
| 2.1.3. | Frecuencia de monitoreo | 17 |
| 2.1.4. | Selección de parámetros | 17 |
| 2.2. | Monitoreo del río Pichán | 18 |
| 2.2.1. | Muestreo en campo | 19 |
| 2.2.2. | Análisis físico-químico en laboratorio | 21 |
| 2.2.3. | Equipos utilizados y calibración | 24 |
| 2.3. | Matriz de factores indicativos de contaminación..... | 29 |
| 2.3.1. | Matriz de legislación | 31 |
| 2.3.2. | Matriz ambiental tipo A (día más limpio)..... | 31 |
| 2.3.3. | Matriz ambiental tipo B (punto más limpio)..... | 32 |
| 3. | CAPITULO III: RESULTADOS Y ANÁLISIS | 33 |
| 3.1. | Demanda Bioquímica de Oxígeno..... | 37 |
| 3.2. | Demanda Química de Oxígeno..... | 44 |
| 3.3. | Nitrógeno Total..... | 51 |
| 3.4. | Fósforo Total..... | 56 |
| 3.5. | Sólidos Suspendidos | 61 |
| 3.6. | Coliformes Totales | 69 |
| 3.7. | Potencial Hidrógeno (ph)..... | 71 |
| 3.8. | Conductividad Eléctrica..... | 73 |
| 4. | CAPITULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 74 |
| | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 80 |
| | Conclusiones | 80 |
| | Recomendaciones | 83 |

REFERENCIAS 84

ANEXOS 90

INTRODUCCIÓN

La calidad del agua es una preocupación creciente alrededor del mundo. Las fuentes de agua potable se encuentran bajo una constante amenaza de contaminación, lo que ha generado un deterioro en la salud y el desarrollo social de comunidades y naciones (Unicef, s.f.).

El 22 de marzo es considerado, según las Naciones Unidas, el día mundial del agua. Dicha organización considera que un agua dulce limpia, segura y de calidad es esencial para la supervivencia de todos los organismos vivos, ecosistemas, comunidades y economías (Naciones Unidas, 2010). A nivel mundial la cantidad de agua dulce no supera el 3% de toda el agua presente en la tierra, este porcentaje proviene de aguas subterráneas, superficiales, deshielos, escorrentías y lluvias en su mayoría (United States Geological Survey, s.f.) por lo que conservar su calidad es de suma importancia en la actualidad.

La problemática que enfrentan los cuerpos de agua dulce es el acelerado crecimiento demográfico, lo que representa un aumento significativo en la descarga de aguas residuales, actividades industriales, agrícolas y ganaderas; generando un deterioro en la calidad de los ríos debido a la contaminación ejercida sobre los mismos (Unicef, s.f.).

En Ecuador, la calidad del agua en los ríos que se encuentran ubicados en zonas cercanas a asentamientos poblacionales se ha visto afectada debido a la liberación de desechos provenientes de fuentes domésticas e industriales (Paredes, 2007). Esto se resume en que apenas el 5% de las aguas servidas son tratadas previamente a su descarga, la problemática crece en las ciudades de mayor densidad poblacional en donde los sistemas de alcantarillado no están diseñados para recolectar y tratar aguas residuales, por lo que estas son descargadas directamente sobre los cuerpos hídricos (Linck y Weemaels, 2010, p.31).

Tomando en cuenta el alto índice de descargas de aguas residuales directamente sobre los cuerpos receptores, el gobierno del presidente Eco. Rafael Correa ha reimpulsado el Plan Nacional del Buen Vivir, el cual plantea que el fenómeno social, económico y ambiental de la contaminación de río debe ser tratado por medio del apoyo de las diferentes entidades públicas de agua potable y guiarse en la Secretaría del Agua para el monitoreos de los ríos en el país, utilizando metodologías modificadas para la ocasión y aplicando la legislación vigente, logrando implementar programas de saneamiento y recuperación de ríos, mejorando no solo la calidad del agua, sino también las actividades socioeconómicas que se pueden desarrollar en sus alrededores (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2013).

ANTECEDENTES

El río Pichán se forma en las faldas del volcán Ruco Pichincha y el Cerro Azul a los 3200 msnm en la reserva Yanacocha, ubicada al este de la parroquia Nono (Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales, 2010). Su caudal es aprovechado por la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento para consumo en el sistema noroccidental de Quito. El sistema de captación se encuentra ubicado a 3500 msnm y afora 112 l/s del caudal de un río Pichán en formación (Agua de Quito, s.f.). Este sistema ha provocado que el cauce del río se vea disminuido a un pequeño arroyo el cual se va recuperando en descenso por medio de afluentes que ya han atravesado zonas productivas por lo que su cantidad y calidad se ha visto reducida generado conflictos sociales en la población de Nono (MECN, 2010).

Aguas abajo el cauce del río Pichán no se ha visto caracterizado, por lo que estudios de este tipo no se han realizado, aún en una zona de importancia ecológica como lo es la parroquia San Miguel de Nono, en donde el sustento económico se basa principalmente en sus actividades agrícolas y ganaderas, llegando a cultivar alrededor de 766,44 hectáreas de suelo, principalmente

pastizales, cereales, tubérculos y hortalizas, y a producir alrededor de 15000 litros de leche diarios (Meza y Salazar, 2014).

ALCANCE

El alcance de este proyecto es el levantamiento de una línea base sobre el río Pichán en un tramo de aproximadamente 5 km que va desde el punto 17 M 770421 9990203 (UTM) hasta 17 M 770302 9994845 (UTM), por medio de la evaluación de la calidad del agua y el aforo del río en seis diferentes puntos de muestreo, comparando los resultados obtenidos con los límites impuestos en el TULSMA para los parámetros estudiados.

JUSTIFICACIÓN

El desarrollo económico de la parroquia de Nono se basa principalmente en las actividades agrícolas y ganaderas las cuales han generado un deterioro ambiental que ha afectado la calidad del agua del río Pichán sea de forma directa como indirecta, llegando a crear un posible foco de contaminación, infección y proliferación de enfermedades en ciertos tramos, los cuales de no ser identificados a tiempo podrían afectar tanto a la población local como a los ecosistemas ubicados a los alrededores. Por esta razón es necesario evaluar la calidad del agua del río, basándose en los lineamientos planteados por el TULSMA, información importante que servirá para poder determinar las zonas de mayor influencia y recomendar soluciones de prevención y mitigación que se puedan implementar en el área de influencia.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio de la calidad físico - química del agua y el aforo del río Pichán en el tramo 17 M 770421 9990203 (UTM) - 17 M 770302 9994845 (UTM).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar una metodología de muestreo y análisis que permita identificar la influencia neta de la contaminación sobre el río Pichán, implementando los diferentes sistemas de muestreo existentes en el país.
- Determinar la calidad del agua del río Pichán por medio de análisis físico-químicos y aforo del mismo; comparando los resultados con la legislación local.
- Generar un sistema matrices de factores indicativos que permita identificar la contaminación sobre el río Pichán en diferentes tramos de estudio.

1. CAPITULO I: MARCO REFERENCIAL

1.1. CONTAMINACIÓN DE RÍOS

El agua es un recurso natural indispensable para la existencia de vida, por lo que debe ser considerado como un derecho humano básico debido a la necesidad primordial que tiene sobre la salud (Naciones Unidas, 2010). Sin embargo, el desarrollo de la humanidad ha convertido a los ríos en uno de los principales receptores de desechos domésticos e industriales, generando que la calidad del agua se deteriore perjudicando tanto al medio ambiente como al bienestar de las poblaciones.

Estadísticamente según las Naciones Unidas (2010, p.1) a lo largo de los últimos 50 años, el deterioro de los recursos hídricos se ha incrementado. Se estima que más de 2.500 millones de personas alrededor del mundo viven sin un sistema adecuado de saneamiento y que cada día, 2 millones de toneladas por metro cúbico de efluentes residuales son descargados directamente en cuerpos de agua. En países desarrollados el problema es aún mayor debido a la densidad poblacional, más del 90% de los desechos sin procesar y el 70% de los desechos industriales sin tratar se vierten en aguas superficiales (Naciones Unidas, 2010).

En el caso de América Latina el agua se ha deteriorado por actividades netamente agrícolas, debido al uso de plaguicidas, fungicidas y fertilizantes que contaminan aguas superficiales y subterráneas, generando un grave problema de saneamiento (Zimmermann, 2013, p. 1-2). Menos del 14% de las aguas residuales generadas por la población latinoamericana utiliza un sistema de tratamiento antes de ser descargadas sobre las aguas superficiales, aumentando el riesgo del deterioro ecológico a largo plazo (World Water Council, 2006, p.1).

Los efectos socioeconómicos podrían ser catastróficos de no implementar un plan de monitoreo y recuperación de las cuencas que se han visto afectadas por las diferentes actividades humanas que se desarrollan (Arellano, Gesundheit y Ortega, 2012, p. 2).

La concentración de contaminantes generados por vertidos urbanos, ganaderos, agrícolas, entre otros, pueden llegar a generar una eutrofización sobre los ríos, fomentando el crecimiento de algas, disminuyendo el oxígeno disuelto y finalmente transformando al cuerpo hídrico en lo que se conoce como río muerto, lugar en donde no puede existir vida acuática y su uso queda totalmente prohibido para cualquier actividad de consumo humano (Sanchón, 2011, p.3).

1.1.1. RÍOS DEL ECUADOR, PROBLEMÁTICA DE CONTAMINACIÓN

En Ecuador la contaminación de aguas superficiales se encuentran identificadas cerca de las áreas urbanas, debido a la liberación de desechos provenientes de fuentes domésticas e industriales generando un aumento considerable en los niveles de DBO, nitrógeno y fósforo (Paredes, 2007).

La contaminación de los cuerpos de agua es un fenómeno social, económico y ambiental que actualmente constituye uno de los principales objetivos a erradicar por parte del estado en su Plan para el Desarrollo del Buen Vivir (SENPLADES, 2013). Apenas el 5% de aguas residuales urbanas son tratadas, en ciudades como Quito y Guayaquil no existe un sistema para tratamiento de aguas residuales colectadas por la red de alcantarillado independiente, lo que ha provocado que los principales ríos que los atraviesan se encuentre con altos niveles de contaminación (Linck y Weemaels, 2010, p.31).

La ciudad de Cuenca, por otro lado, procesa aproximadamente el 95% de las aguas servidas de la ciudad por medio de plantas de tratamiento de aguas

residuales que se han implementado en la última década (Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, s.f.) generando que un minúsculo porcentaje de aguas residuales sean desechadas sin tratar, especialmente en las zonas rurales, actualmente ETAPA se encuentra trabajando para abastecer de plantas de tratamiento a todas las poblaciones que se encuentran dentro de su competencia..

Según un estudio de la Oxfarm International (Del Castillo, 2009), dentro del Ecuador existen cuatro ríos que se encuentran severamente contaminados debido a la falta de sistemas de tratamiento de aguas residuales: Machángara, Guayllabamba, Esmeraldas y Guayas; una de las principales causas que señala el estudio es el uso de pesticidas en actividades agrícolas. Según Isch (2011, p.16) la presencia de agroquímicos fue detectada en distintos ríos de Quito, Sangolquí, Amaguaña, Machachi, Cayambe, Puembo, Checa, Yaruquí, Machala y Azuay

1.1.2. RÍOS DE QUITO

Los ríos que atraviesan el Distrito Metropolitano de Quito son formados en las altas montañas de la cordillera de los Andes, en altitudes que varían entre los 3500 y 5000 msnm. Los ecosistemas que atraviesan y que fortalecen su estructura son principalmente los Páramos (3000 – 4500 msnm) y el Matorral Alto Andino (2000 – 3000 msnm) generando que su calidad química se ubique dentro de los parámetros para ser utilizada como agua potable (Baquero, 2004). Sin embargo, la falta de sistemas de tratamiento de aguas residuales dentro de la ciudad y la generación de desechos orgánicos e inorgánicos ha provocado que los cuerpos de agua que la atraviesan se contaminen, afectado su calidad y los ecosistemas a sus alrededores (MECN, 2010, P.37).

En el caso del río Machángara, principal cuerpo hídrico de la capital se ha convertido en el receptor del 75% de aguas residuales sin tratamiento,

convirtiéndolo en el principal foco de contaminación y propagación de enfermedades de la ciudad (Comunidad Andina, s.f.).

La contaminación de ríos se ve reflejada de igual manera en poblados y zonas rurales aledañas al Distrito Metropolitano de Quito. La Parroquia de San Miguel de Nono, lugar en donde se realizó este estudio, se encuentra atravesada por el río Pichán, el cual ha sufrido alteraciones de calidad debido a la reducción de su caudal por la implementación del sistema de captación noroccidental de Quito y por las actividades socioeconómicas que se realizan en la zona. (Gobierno Autónomo Descentralizado de Pichincha, 2012).

1.2. MONITOREO DE RIOS

1.2.1. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA

La calidad de los cuerpos hídricos puede ser evaluada en diferentes tramos a través de diferentes metodologías; analizando principalmente parámetros físico-químicos, determinando lugares puntuales donde se requiera implementar planes de prevención o mitigación (Servicio Nacional de Estudios Territoriales, 2012).

1.2.2. PLANES DE MONITOREO

El objetivo principal de un plan de monitoreo es determinar el estado natural del recurso, por medio de la observación y análisis periódico de sistemas susceptibles a cambios de origen natural o antrópico, obteniendo de esta manera datos certeros y actualizados que se utilizan para la implementación de cualquier actividad en la zona de estudio (Comisión Administradora del Río Uruguay, s.f.).

En Ecuador los estudios de monitoreo de aguas son guiados por la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2176, la cual establece guías sobre las técnicas de muestreo usadas para obtener los datos necesarios en los análisis de control de calidad de las aguas naturales, aguas contaminadas y aguas residuales para su caracterización y se aplica a las técnicas de muestreo generales. Esta se complementa con la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2226, que establece los principios generales a ser aplicados en el diseño de los programas de muestreo para el control de la calidad, caracterización de la calidad e identificación de las fuentes de contaminación en el agua, incluidos los sedimentos y los lodos.

La Secretaría Nacional del Agua ha generado diversos proyectos relacionados con el buen manejo de las cuencas hidrográficas, tal es el caso del estudio realizado en la cuenca del río Guayas, la cual abarca una extensión total de 44.905 km² (Guzmán y Narváez, 2010, p.8).

El estudio sobre la Línea base para el monitoreo de la calidad del agua de riego en la demarcación hidrográfica del Guayas, planteó 55 puntos de monitoreo, atravesando 8 provincias en total: 23 en Guayas, 8 en Los Ríos, 9 en Chimborazo, 5 en Bolívar, 3 en Cotopaxi, 5 en Cañar, 5 en Santo Domingo, 1 en Manabí (Guzmán y Narváez, 2010, p.11). Cada muestra fue sometida a análisis físicos, químicos y microbiológicos, considerando un total de 29 parámetros, determinando la calidad del agua de la cuenca (Guzmán y Narváez, 2010, p.13).

En la ciudad de Quito, la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento EPMAPS creó el “Programa para la descontaminación de los ríos y quebradas de Quito”, cuyo objetivo principal es realizar un manejo integrado y adecuado de los residuos líquidos generados por la población mediante su interceptación, conducción y tratamiento; de manera que se minimicen los impactos causados sobre ríos y quebradas, mejorando la calidad de vida de la población (Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento,

2014, p.2). Para verificar la descontaminación de los ríos existen campañas continuas de monitoreo de calidad del agua de los ríos, lo cual permite la evaluación permanente de la carga contaminante y la aplicación confiable de modelos de simulación de calidad de agua (EPMAPS, 2014, p.2).

1.3. DISEÑO DE MONITOREO DE RÍOS

Existen varios sistemas para diseñar un programa de monitoreo de ríos, las Naciones Unidas plantearon en el año 1979 el programa PNUMA/Agua, el cual reúne diferentes tipos de metodologías que han sido usadas en diferentes países, las Naciones Unidas se basan que cada país debe implementar su propia metodología de monitoreo y análisis de aguas, es por esta razón que se apoyan en las normas técnicas implementadas en cada país, para finalmente por medio de una auditoría adjuntar dicha metodología a los métodos GEMS/Agua (Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2004, p.1-5).

1.3.1. TIPO DE MUESTREO

Según la norma INEN 2176, el muestreo es usado para obtener los datos necesarios en los análisis y evaluación de control de calidad del agua. Existen varios tipos de muestreos que se detallan en la norma, entre ellos, el simple o puntual que representa la calidad del agua únicamente en el tiempo y en el lugar en que fue tomada. Las muestras puntuales son esenciales para estimar si la calidad del agua cumple con los límites y es adecuada para la investigación de una posible polución.

1.3.2. UBICACIÓN DEL MUESTREO

La ubicación de un punto fijo de muestreo permite obtener resultados comparativos, según la norma INEN 2226, es necesario que estos se encuentren ubicados en sitios seguros, accesibles y en donde se pueda identificar algún tipo pasivo o foco de contaminación, con el fin de estudiar el efecto de los mismos sobre los cuerpos de agua.

1.3.3. SELECCION DE PARÁMETROS

Según el TULSMA en su libro VI, los criterios para la selección de parámetros dependen directamente del tipo de evaluación de calidad que se realice, existen dos tipos generales: Calidad de aguas para uso y, evaluación de descargas de efluentes, siendo este último donde se encuentra ubicado los criterios para la descarga de efluente a un cuerpo receptor en donde se plantean los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones generales. Entre los cuales podemos encontrar:

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO):
- Demanda Química de Oxígeno (DQO).
- Nitrógeno Total.
- Fósforo Total.
- Sólidos Suspendidos.
- Coliformes Totales.
- Potencial Hidrógeno.

1.4. MARCO NORMATIVO

El siguiente estudio investigativo se basa por los siguientes cuerpos legales de la República del Ecuador:

- Constitución de la República del Ecuador. Registro Oficial N° 449 del 20 de octubre de 2008. Artículos: 10, 12, 14, 66 numerales 2, 27; Artículo 276 numerales 1 – 4; Artículos 313, 395 de los principios ambientales numerales 1 – 4.
- Ley de Prevención y Control Ambiental, Capítulo II, “De la Prevención y Control de la Contaminación de las Aguas”. Codificación 20, Registro Oficial N° 418 el 10 de septiembre de 2004.
- Texto Unificado de Legislación Secundaria Medio Ambiental, Libro VI de la Calidad Ambiental: Anexo 1 Descarga de efluentes: Recurso agua. Acuerdo Ministerial N° 028, Registro Oficial N° 270 de 13 de febrero de 2015.
- Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2176, Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo. Registro Oficial N°376 de 5 de agosto de 1998.
- Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2226, Agua. Calidad del agua. Muestreo. Diseño de los programas de muestreo. Registro Oficial N° 1 de 24 de enero de 2000.

2. CAPITULO II: METODOLOGÍA

2.1. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El presente estudio se realizó en el río Pichán de la parroquia rural de San Miguel de Nono, misma que se encuentra 18 kilómetros hacia el Noroccidente, aproximadamente a 35 minutos de la ciudad de Quito (Gobierno Autónomo Descentralizado de Pichincha, 2011, p.20).

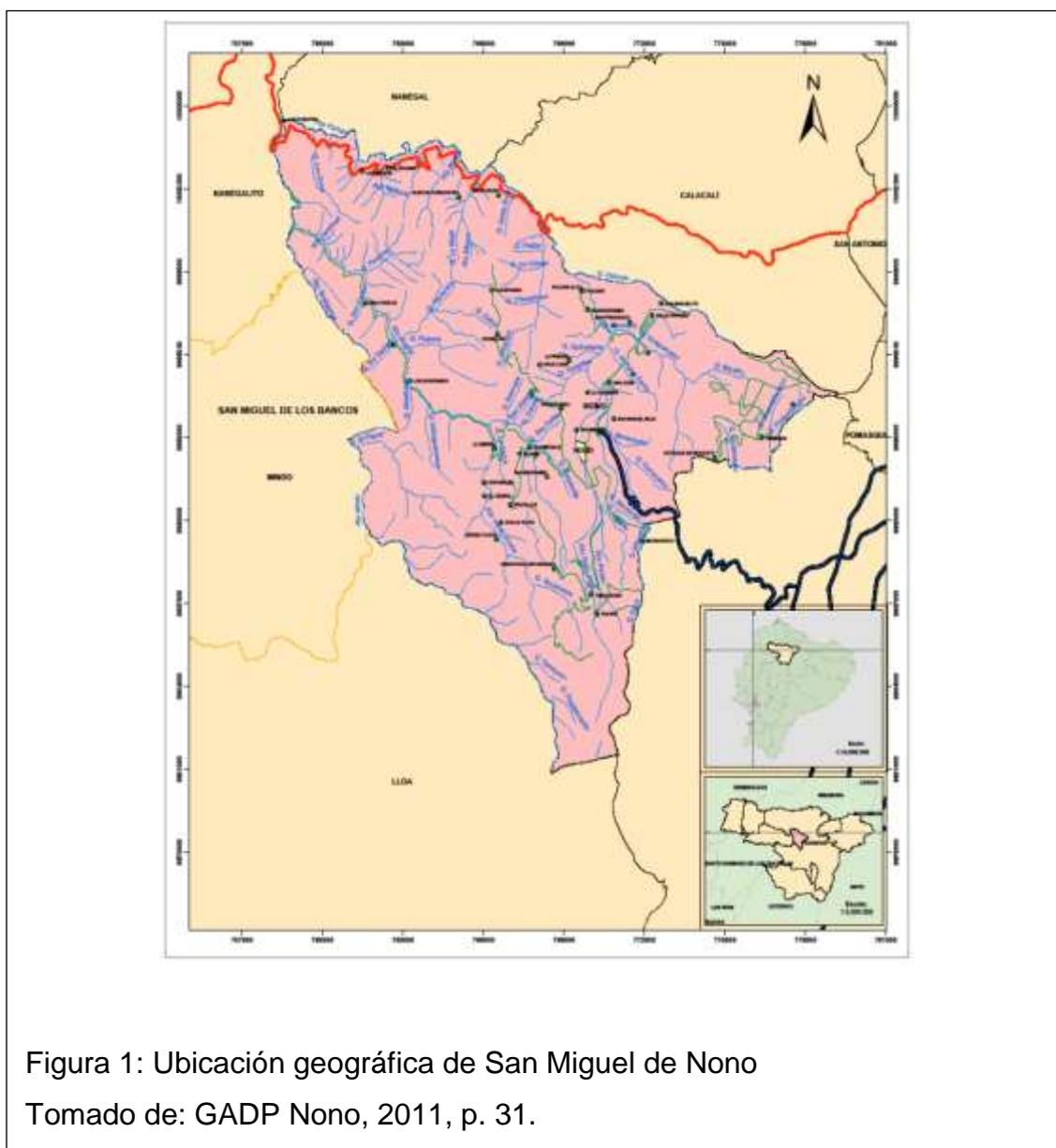


Figura 1: Ubicación geográfica de San Miguel de Nono

Tomado de: GADP Nono, 2011, p. 31.

2.1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA

La parroquia de San Miguel posee una temperatura que varía entre 7–8°C la mínima y 14–15°C la máxima. Su vegetación dominante es la arbustiva húmeda, con un 51% de cobertura a lo largo y ancho de la parroquia (GADP, 2011, p.41). La precipitación varía de acuerdo a la época, registrándose intensas lluvias en los meses de octubre a mayo, acumulándose 1033.6 mm de agua en el año 2012 (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2015, p.132).

2.1.1.1. RÍO PICHÁN Y SU PROBLEMÁTICA DE CONTAMINACIÓN

En lo correspondiente al recurso agua, la parroquia de San Miguel de Nono pertenece a la sub-cuenca del río Guayllabamba y dentro de su territorio hay cinco micro-cuencas, las cuales ocupan un área aproximada de 213,96 Km² y que encuentran distribuidas de la siguiente manera:

Tabla 1: Superficie de las Micro – Cuencas ubicadas en la parroquia de San Miguel de Nono

| MICRO - CUENCA | SUPERFICIE (ha) | % |
|-----------------|-----------------|------------|
| Río Alambí | 7.504 | 35 |
| Río Cinto | 120 | 1 |
| Río Mindo | 2.707 | 12 |
| Río San Antonio | 933 | 4 |
| Río Pichán | 10.132 | 47 |
| TOTAL | 21.396 | 100 |

Nota: Descripción de la superficie ocupada por las micro-cuencas ubicadas dentro del territorio de San Miguel Nono, expresado en hectáreas y en porcentaje total del área.

Tomado de: GADP, 2011.

El Río Pichán es la micro-cuenca de mayor porcentaje dentro del territorio, por lo que la convierte en la principal fuente hídrica de la parroquia. Sin embargo esta presenta varios problemas como son: vertido de aguas residuales e industriales, depósito de basura, etc.

Dentro de la zona rural, la parroquia de Nono posee un sistema de alcantarillado que recepta: aguas servidas, desechos industriales provocados por el camal central y la planta de productos lácteos; dirigiéndolos a la plata de tratamiento PTAR de Nono, en donde son tratados y desechados al cauce del río Pichán.

2.1.2. SELECCIÓN DEL SITIO DE MUESTREO

Se seleccionó un tramo del río de aproximadamente 5 km para realizar este proyecto, entre las coordenadas 17 M 770421 9990203 (UTM) - 17 M 770302 9994845 (UTM), iniciando en la cabecera norte de la zona rural de la parroquia, y finalizando unos metros antes de su confluencia con el río Alambí, sitio que se vio influenciado por actividades agropecuarias en los alrededores, puntos de acumulación de escombros y descargas directas de aguas residuales domésticas e industriales que aún no han sido canalizadas al sistema de tratamiento de aguas de Nono,

Para la selección de los puntos de muestreo se basó en los criterios de la norma INEN 2226 que dicta que estos sean sitios seguros, accesibles y que posean una alteración (Tabla 2). Además se tomó como referencia al anexo 4 de la RAOHE, el cual señala que para cada descarga se puede establecer un punto de control sobre el cuerpo receptor, a una distancia entre 100 a 300 metros aproximadamente, logrando de esta manera una adecuada mezcla entre el efluente y del cuerpo receptor. De esta manera se seleccionaron los seis puntos de muestreo con una distancia media de 750m aproximadamente.

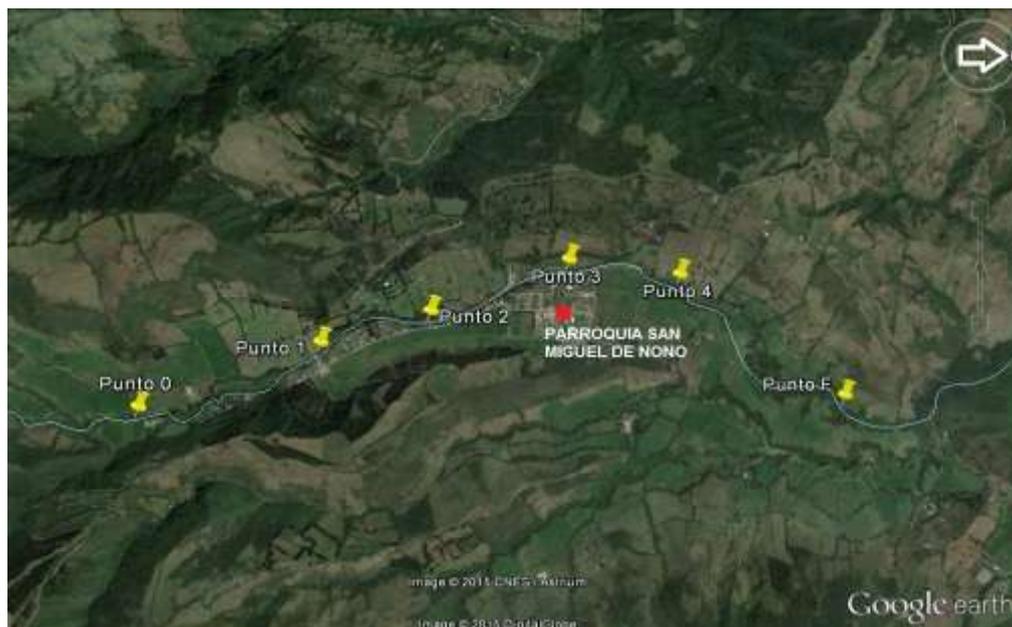


Figura 2: Ubicación geográfica del monitoreo

Tomado de: Google Earth 2015

Tabla 2: Georeferenciación de puntos de muestreo

| | PUNTO DE MUESTREO | COD | COORDENADAS GEOGRÁFICAS (UTM) | ALTERACIÓN IDENTIFICADA |
|---|--------------------------|----------------|--------------------------------------|---|
| 1 | Punto inicial | P ₀ | 17 M 770418 E 9990266 S | No existen alteraciones, punto referencial |
| 2 | Punto uno | P ₁ | 17 M 770015 E 9991254 S | Presencia de escombros en quebrada el Chaparral |
| 3 | Punto dos | P ₂ | 17 M 769810 E 9991871 S | Descarga de aguas residuales aguas arriba |
| 4 | Punto tres | P ₃ | 17 M 769473 E 9992660 S | Actividades agropecuarias en los alrededores. |
| 5 | Punto cuatro | P ₄ | 17 M 769551 E 9993310 S | Descarga de residuos lácteos |
| 6 | Punto final | P _F | 17 M 770298 E 9994310 S | Sistemas de captación de agua para riego. |

Nota: Se presenta la codificación, coordenadas y alteraciones identificadas para la selección de los puntos de muestreo.

2.1.3. FRECUENCIA DE MONITOREO

El monitoreo se lo realizó a lo largo de 3 meses: diciembre, enero y febrero; con intervalos de 10 a 12 días por muestreo, dando como resultado 2 monitoreos por mes, y seis en total.

2.1.4. SELECCIÓN DE PARÁMETROS

Los parámetros para evaluar la calidad del agua en el área de monitoreo fueron seleccionados para determinar la presencia de contaminantes desechados por medio de descargas directas y/o tratadas sobre el río Pichán. Es por esta razón que el criterio que se utilizó como referencia fue: Tabla 12 para Límites de descarga en un cuerpo de agua dulce, presente en el Anexo 1 del libro VI del TULSMA.

Tabla 3: Límites de descarga en un cuerpo de agua dulce, presente en el Anexo 1 del libro VI del TULSMA

| PARÁMETROS | UNIDAD | LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE |
|--|--------|--------------------------|
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días) | mg/l | 100 |
| Demanda Química de Oxígeno | mg/l | 250 |
| Fósforo Total | mg/l | 10 |
| Nitrógeno Total | mg/l | 15 |
| Potencial de hidrógeno | -iH | 5 – 9 |
| Sólidos Suspendidos Totales | mg/l | 100 |

Tomado de: TULSMA, 2015.

Adicionalmente para el análisis de coliformes totales, se plantearon únicamente dos puntos de muestreo (P0 y PF) para determinar el crecimiento neto de los mismos al momento que atravesaron la parroquia de San Miguel de Nono; el criterio que se utilizó para evaluar la calidad del agua fue: Tabla 6 de criterios de calidad de aguas para riego, presente en el Anexo 1, del libro VI del TULSMA.

Tabla 4: Criterios de calidad de aguas de riego, presente en el Anexo 1 del libro VI del TULSMA.

| PARÁMETROS | UNIDAD | LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE |
|--------------------|--------|--------------------------|
| Coniformes Totales | NMP | 1 000 |

Tomado de: TULSMA, 2015.

2.2. MONITOREO DEL RÍO PICHÁN

Se realizaron seis monitoreos a lo largo del proyecto, en donde se recolectaron las muestras necesarias para el análisis de la evaluación de la calidad del agua del río Pichán.

Tabla 5: Resumen de monitoreos realizados sobre el río Pichán.

| MONITOREO | FECHA | HORA | CONDICIONES AMBIENTALES |
|----------------|-----------------|-------|-------------------------|
| Primero | 04 – dic – 2014 | 10h00 | Precipitación leve |
| Segundo | 24 – dic – 2014 | 11h00 | Soleado |
| Tercero | 09 – ene – 2015 | 10h30 | Soleado |
| Cuarto | 28 – ene – 2015 | 12h00 | Nublado |
| Quinto | 10 – feb – 2015 | 11h00 | Soleado |
| Sexto (último) | 27 – feb – 2015 | 10h30 | Precipitación leve |

Todos los monitoreos realizados fueron divididos en dos fases técnicas: la primera la fase in-situ, denominada muestreo en campo; y la segunda la fase analítica que se realizó en laboratorio.

2.2.1. MUESTREO EN CAMPO

El muestreo fue realizado de manera directa o por medio de muestreado, dependiendo del sitio y la accesibilidad del mismo. Siguiendo la metodología validada por el Laboratorio Central de Control de la Calidad del Agua de la EPMAPS (L3C), referenciada en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (American Public Health Association, 1999), en esta etapa se realizó el análisis in-situ del potencial hidrógeno (pH), conductividad eléctrica y temperatura del agua.

Tabla 6: Identificación de variables en puntos de muestreo.

| PUNTO DE MUESTREO | COD | IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES | ACCESO | TIPO DE MUESTREO |
|-------------------|-----|---|-----------|------------------|
| Punto Inicial | P0 | Punto de referencia sin contaminación | Peligroso | Muestreador |
| Punto Uno | P1 | Presencia de desechos sólidos en las riberas | Difícil | Muestreador |
| Punto Dos | P2 | Presencia de descarga directa 100m aprox. aguas arriba | Difícil | Directo |
| Punto Tres | P3 | Presencia de actividades agropecuarias en los alrededores | Fácil | Directo |
| Punto Cuatro | P4 | Presencia de descarga de industria láctea | Fácil | Directo |
| Punto Final | PF | Presencia de sistemas de captación para riego. | Fácil | Directo |

Las muestras recolectadas se almacenaron en envases plásticos estériles de 2 litros y fueron trasladados a temperaturas bajas hacia el Laboratorio Central de Control de la Calidad del Agua de la EPMAPS (L3C), en donde se realizaron los análisis pertinentes.

2.2.1.1. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL DEL RÍO PICHÁN

Adicional al análisis de los parámetros Físico-Químicos, se determinó el caudal del río Pichán por medio del aforo del mismo utilizando la metodología del flotador, obteniendo datos estimados del aforo del mismo.

En cada punto de muestreo se calculó la sección transversal y la profundidad del río por medio de un flexómetro de campo, posteriormente con la ayuda de un flotador se tomó el tiempo que este tardó en atravesar 3 metros, obteniendo la velocidad del río.

Para la determinación del caudal del río Pichán en cada tramo se utilizó la siguiente formula:

$$Q [m^3/s] = A \times B \times V \quad (\text{Ecuación 1})$$

Dónde:

A = Sección transversal [m]

P = Profundidad del río [m]

V = Velocidad del cauce [m/s]

Este proceso se lo realizó en cada monitoreo realizado a lo largo del estudio, de esta manera se pudo relacionar los resultados obtenidos de los análisis físico-químicos en cada punto con el caudal.

2.2.2. ANALISIS FÍSICO-QUÍMICO EN LABORATORIO

Las muestras recolectadas a lo largo del estudio fueron analizadas en el Laboratorio Central de Control de la Calidad del Agua L3C de la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento EPMAPS. Los parámetros seleccionados fueron analizados por medio de equipos y técnicas acreditadas y/o validadas en proceso de acreditación por la SAE.

2.2.2.1. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO 5 DÍAS (DBO₅)

La DBO indica la cantidad de oxígeno consumido por sustancias susceptibles a ser oxidadas por medios biológicos que pueda contener una muestra líquida (Torres, 2006). El método de análisis se basó en la medición por medio del oxímetro de la diferencia del oxígeno consumido por los microorganismos en un periodo de 5 días a 20°C dentro de un winkler. Este parámetro fue realizado inmediatamente después de que las muestras fueron trasladadas al laboratorio.

2.2.2.2. DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO.

El DQO indica la cantidad de sustancias susceptibles a ser oxidadas por químicos en suspensión dentro de un medio líquido (Torres, 2006). Se utilizaron 2 técnicas para el análisis: oxidabilidad del permanganato de potasio para la determinación del DQO a rango bajo por medio de titulación, y espectrofotometría UV visible para la determinación del DQO a rango alto, en ambos casos los análisis se realizaron inmediatamente después de que las muestras arribaron al laboratorio.

2.2.2.3. NITRÓGENO TOTAL

El nitrógeno total determina todas las formas estables del nitrógeno presente en un cuerpo de agua como el nitrógeno orgánico (nitratos y nitritos) y el nitrógeno amoniacal, los cuales son aprovechados por organismos fotosintéticos como las algas (Movellán, 2004, p.2). La principal fuente de contaminación por nitrógeno en fuentes hídricas es generada por el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados y abonos orgánicos en actividades agrícolas y ganaderas (Agencia de Protección de la Salud y Seguridad Alimentaria, 2004). Se utilizó el método Kjeldhal por medio de titulación para la determinación del nitrógeno total en laboratorio.

2.2.2.4. FÓSFORO TOTAL

La presencia de este compuesto puede generar el crecimiento de algas produciéndose una eutrofización en los cuerpos de agua (Pütz, 2010). Las descargas directas de aguas residuales así como de desechos industriales y actividades agrícolas en donde intervienen fertilizantes, se han convertido en las principales fuentes de contaminación por fósforo en cuerpos de agua (Sánchez, 2001, p.3). Para el análisis de este compuesto en laboratorio se utilizó la metodología de determinación de fósforo total por medio de fósforo de fosfatos en espectrofotometría UV visible.

2.2.2.5. TURBIDEZ

Refleja una aproximación del contenido de materiales coloidales, minerales u orgánicos. Se genera por la presencia de partículas en suspensión, generalmente con un diámetro microscópico, por lo que su capacidad de sedimentación es muy baja y requiere un tratamiento para lograrlo (Azario, García, Marcó y Metzler, 2004, p.73). Para este parámetro se utilizó la

determinación por medio del haz de luz en el turbidímetro portátil Orbeco-Hellige TB200 IR.

2.2.2.6. SÓLIDOS SUSPENDIDOS:

Las partículas en suspensión pueden ser de origen inorgánico como: arcillas, fangos y óxidos minerales, las cuales provienen de la erosión del suelo; otras en cambio son de origen orgánico como: bacterias, parásitos, algas, zooplancton (Azario, 2004, p.73). La técnica que se utilizó para la determinación de este parámetro fue la diferencia del peso en papel filtro antes y después de la filtración de la muestra.

2.2.2.7. COLIFORMES TOTALES

La presencia de Coliformes en los cuerpos de agua depende principalmente de la cepa a la que pertenece, el análisis de coliformes totales constituye cuatro grandes grupos, entre los que destacan la *Escherichia Coli*, de origen fecal, y la *Enterobacter*, las cuales provienen de la descomposición de materia orgánica (Carrillo y Lozano, 2008). Para determinación de este parámetro se utilizó la metodología Collilert, sembrando la muestra a 35°C durante 24 horas, logrando determinar el crecimiento microbiológico por medio del cambio de color en la plaqueta de siembra Quanta - Try.

Este parámetro fue monitoreado únicamente en dos puntos del estudio, el punto inicial de referencia (P0) y el punto final (PF), debido a que su objetivo fue determinar el crecimiento de coliformes al momento de atravesar la zona poblada de Nono y analizar la diferencia generada entre ambos puntos.

2.2.3. EQUIPOS UTILIZADOS Y CALIBRACIÓN

Los equipos utilizados en el Laboratorio Central del Control de la Calidad del Agua (L3C) de la EPMAPS se encontraron validados por la SAE para los métodos que se usaron en la determinación de los diferentes parámetros de este proyecto, todos se encontraron calibrados por entidades certificadas siguiendo la metodología del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1999).

2.2.3.1. YSI MODEL 58 DISSOLVED OXYGEN METER

Es un equipo utilizado para la medición de oxígeno disuelto por medio de una sonda tipo Clark, la cual consta de una membrana recubierta por sensores polarográficos que sirven para la medición de temperatura y compensación del aire presente en la muestra. El oxígeno disuelto se representa en [mg/L] (1 mg / L = 1 parte por millón) (YSI Inc., 1999). En este proyecto fue utilizado para el análisis de DBO_5 midiendo la diferencia de oxígeno entre el día 1 y el día 5.



Figura 3: YSI 58 Dissolved Oxygen Meter

a) Equipo utilizado en laboratorio para la determinación de DBO_5 .

El procedimiento de calibración manual se lo realizaba antes de cada medición con el fin de que las membranas polarográficas se encuentren correctamente ajustadas a las especificaciones del método. El mantenimiento y calibración del equipo fue realizado por la empresa ELICROM S.A. en el mes de septiembre del año 2014 (Anexo 1).

2.2.3.2. CARY 50 CONCENTRATION UV VISIBLE SPECTROPHOTOMETER

Equipo utilizado en este proyecto para la determinación de DQO (rango alto) y Fósforo Total. El espectrofotómetro UV-Visible Cary 50 es un instrumento mutiparámetro utilizado para hacer mediciones remotas de UV-Visible con fibra óptica. Por medio de una lámpara de flash de xenón y un haz concentrado de luz, el instrumento puede realizar mediciones de muestras de hasta 3 Abs, con una longitud de onda de 190-1100 nm (Varian Inc., 2005).

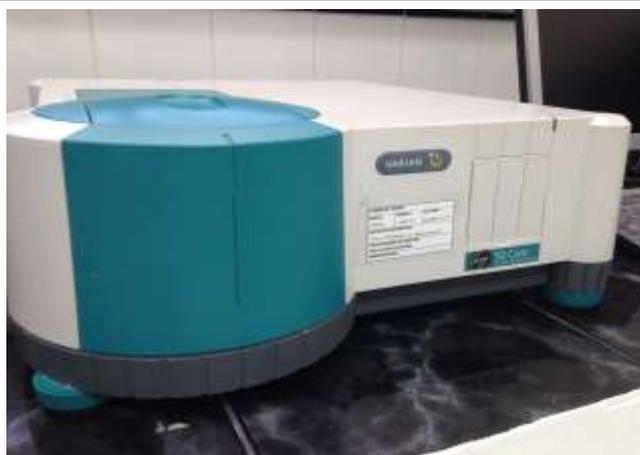


Figura 4: Cary 50 UV Visible Spectrophotometers

a) Equipo de espectrofotometría utilizado para la determinación de DQO (rango alto) y Fósforo Total.

Antes de realizar cualquier tipo de medición se realizaba una calibración del Espectrofotómetro Cary -50 UV visible. El proceso consistía en encerrar el método utilizando un blanco de agua destilada preparado simultáneamente con las diferentes muestras a medir.

El mantenimiento y calibración del equipo fue realizado por la empresa FIELQUIMEC CIA. LTDA. en el mes de diciembre del año 2014 (Anexo 2).

2.2.3.3. ORBECO TB200 IR – PORTABLE TURBIDIMETER

El turbidímetro portátil Orbeco-Hellige TB200 IR permite medir la turbidez del agua en un rango entre 0 – 1100 NTU de manera rápida y fácil. El equipo funciona por medio de un haz de luz blanca que atraviesa la muestra y que registra la turbiedad existente en la misma (Orbeco Hellige, 2013).



Figura 5: TB200 Portable Turbidimeter

a) Equipo utilizado para la determinación de turbidez.

El equipo era calibrado antes de cada determinación de turbidez, se utilizaban soluciones patrón propias del equipo, de 0.02 NTU, 10.0 NTU y 1000NTU. Al seleccionar la opción de calibrar “CAL”, automáticamente el equipo indicaba las soluciones que se debían insertar y el tiempo que se debía esperar. El mantenimiento y calibración de este equipo aún no era realizado debido a que fue adquirido en el mes de agosto del año 2014.

2.2.3.4. WTW POTENCIÓMETRO PH 330I

Este equipo fue utilizado para la medición del pH y temperatura in-situ. Cuenta con un electrodo capaz de determinar el potencial de hidrógeno en rango que va desde los 2.00 hasta los 19.99 unidades de pH. La sonda cuenta con un termómetro, el cual permite determinar la temperatura de la muestra a medir (WTW, 2004).



Figura 6: WTW potenciómetro pH 330I

a) Potenciómetro utilizado en campo para la determinación del pH.

La calibración del equipo se lo realizaba en laboratorio antes de salir a campo. Se seleccionaba la opción “CAL”, el equipo automáticamente indicaba la solución patrón (4, 7 y 10 [-iH]) en la que debía ser insertada la sonda.

El mantenimiento y calibración del equipo fue realizado por la empresa ELICROM S.A. en el mes de septiembre del año 2014 (Anexo 3).

2.2.3.5. WTW CONDUCTIMETRO COND 330I

Este equipo fue utilizado para la medición de la conductividad eléctrica in-situ. Cuenta con un electrodo capaz de determinar la conductividad en un rango que va desde los 0 hasta los 1999 [μS], o desde los 0 hasta los 500 [mS]. La sonda cuenta con un termómetro, el cual permite determinar la temperatura de la muestra a medir (WTW, 2004).



Figura 7: WTW Cond 330I

a) Conductímetro utilizado en campo para la determinación de la conductividad eléctrica

La calibración del equipo se lo realizaba en laboratorio antes de salir a campo. Se seleccionaba la opción “CAL”, el equipo automáticamente indicaba la solución patrón (100, 500, 1000 [μS]) en la que debía ser insertada la sonda.

El mantenimiento y calibración del equipo fue realizado por la empresa ELICROM S.A. en el mes de septiembre del año 2014.

2.3. MATRIZ DE FACTORES INDICATIVOS DE CONTAMINACIÓN

Para realizar el análisis de resultados se diseñaron tres tipos de matrices que indicaron la contaminación ejercida por cada parámetro sobre el río Pichán. Las categorías de contaminación se basaron en la legislación utilizada (TULSMA).

- Contaminación insignificante.
- Contaminación ligera.
- Contaminación Severa.
- Contaminación muy severa.

Para determinar los criterios de las diferentes categorías se realizaron los siguientes cálculos:

- Contaminación Muy Severa:

$$Cms = \frac{L}{V_{P0}} \quad \text{(Ecuación 2)}$$

Dónde:

Cms = Contaminación muy severa

L = Valor límite de legislación TULSMA

V_{P0} = Valor mínimo ubicado en el punto de referencia (P0).

- Contaminación Insignificante:

$$Ci = \frac{Cms}{V_{P0}} \quad \text{(Ecuación 3)}$$

Dónde:

Ci = Contaminación insignificante

Cms = Contaminación muy severa

V_{P0} = Valor mínimo ubicado en el punto inicial (P0).

Obteniendo los dos valores se realizó el cálculo de la media, siendo este el punto que dividió las categorías de contaminación ligera y contaminación severa:

$$X = \frac{Cms + Ci}{2} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Dónde:

- X = Media entre Ci y Cms
- Cms = Contaminación muy severa
- Ci = Contaminación insignificante

- Contaminación Ligera:

$$Cl < Ci < X \quad (\text{Ecuación 5})$$

Dónde:

- Cl = Contaminación ligera
- Ci = Contaminación insignificante
- X = Media entre Ci y Cms

- Contaminación Severa:

$$X < Cs < Cms \quad (\text{Ecuación 6})$$

Dónde:

- X = Media entre Ci y Cms
- Cs = Contaminación severa
- Cms = Contaminación muy severa

2.3.1. MATRIZ DE LEGISLACIÓN

Esta matriz se basa en la legislación impuesta por el TULSMA en la Tabla 12 para Límites de descarga para un cuerpo de agua dulce del Anexo 1 en el libro VI, la cual indica los límites legales para cada parámetro de este estudio.

Los valores se son los mismos obtenidos en laboratorio, la matriz se basa en los criterios generales de contaminación calculados inicialmente.

2.3.2. MATRIZ AMBIENTAL TIPO A (DÍA MÁS LIMPIO)

El objetivo principal de esta matriz es la comparación de los resultados en un aspecto netamente ambiental, tomando como referencia el día más limpio en promedio del monitoreo.

La metodología que se utilizó consiste en la siguiente manera:

- Se identificó el día más limpio en promedio del monitoreo.
- Se dividió el valor de cada punto de muestreo identificado como el día más limpio para los demás resultados. Los valores fueron divididos únicamente entre mismos puntos de muestreo.
- Se utilizaron las mismas categorías identificadas en la matriz de legislación.

2.3.3. MATRIZ AMBIENTAL TIPO B (PUNTO MÁS LIMPIO)

Esta matriz se basa en el estudio del Sistema de Información Ambiental – Territorial del Pacífico Colombiano (2010, p.41), que determina que las cabeceras de los ríos de alta montaña se ven directamente afectados por la vegetación riparia generando que el río posea una carga orgánica natural proveniente de su origen, es por esta razón que para la elaboración de esta matriz se tomó como punto referencial (P0), siendo este el que se ubica en la zona más alta del monitoreo.

Para obtener los datos de la matriz se dividieron los resultados obtenidos en el punto referencial (P0) para el resto de puntos de muestreos en todos los monitoreos realizados. Los valores fueron divididos únicamente entre mismos días de monitoreo.

Finalmente se utilizaron las mismas categorías identificadas en la matriz de legislación para cada parámetro.

3. CAPITULO III: RESULTADOS Y ANÁLISIS

Se obtuvieron los resultados de los análisis físico-químicos realizados para este proyecto (Tabla 7) cada parámetro analizado a lo largo del tramo de estudio en los (seis) diferentes monitoreos que se realizaron.

Si se interpreta la media obtenida para cada parámetro, la mayoría no supera los límites impuestos por el TULSMA, normativa que fue utilizada para este proyecto y que se detallan sus límites en las tablas 3 y 4. Únicamente los coliformes totales se encuentran superando la norma en todos en todos los monitoreos realizados.

Tomando en cuenta los puntos máximos obtenidos se pudo diferenciar que para los parámetros de DBO y DQO en cuatro de los seis monitoreos realizados superaron la normativa del TULSMA, específicamente en el tercer, cuarto, quinto y último monitoreos. De igual manera los sólidos suspendidos superaron los límites impuestos por la norma en los dos primeros monitoreos.

Los demás parámetros que se realizaron análisis físico-químicos se encuentran dentro de los límites impuestos por el TULSMA, tal fue el caso del nitrógeno y fósforo total, que se encuentran muy por debajo de la norma y su desviación estándar nos indica que a lo largo de los monitoreos se obtuvieron valores constantes. Lo mismo sucedió para el pH que se encontró en valores óptimos durante los diferentes monitoreos.

Los parámetros que superaron los límites se los pudo identificar en los puntos máximos de los resultados obtenidos a lo largo de los monitoreos, estos al ser puntuales se los pudo clasificar de mejor manera en la tabla 7, donde se detalló la media, desviación estándar, puntos máximos y mínimos a los largo de los seis puntos de muestreo.

Tabla 7: Resultados globales del monitoreo sobre el río Pichán obtenidos para los diferentes monitoreos temporales.

| ANÁLISIS | UNIDAD | 1er MONITOREO | 2do MONITOREO | 3er MONITOREO | 4to MONITOREO | 5to MONITOREO | 6to MONITOREO |
|---------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| DBO | mg/l | \bar{X} : 3.17 | \bar{X} : 3.85 | \bar{X} : 24.47 | \bar{X} : 32.62 | \bar{X} : 32.77 | \bar{X} : 49.73 |
| | | σ : 1.36 | σ : 1.66 | σ : 46.15 | σ : 56.95 | σ : 56.95 | σ : 49.73 |
| DQO | mg/l | min: 1.51 | min: 1.98 | min: 1.13 | min: 2.47 | min: 142.85 | min: 2.92 |
| | | max: 5.12 | max: 5.72 | max: 127.62 | max: 159.74 | max: 142.85 | max: 167.30 |
| Nitrógeno Total | mg/l | \bar{X} : 7.36 | \bar{X} : 7.07 | \bar{X} : 53.30 | \bar{X} : 62.49 | \bar{X} : 65.06 | \bar{X} : 89.20 |
| | | σ : 3.57 | σ : 3.77 | σ : 103.38 | σ : 106.13 | σ : 106.13 | σ : 96.97 |
| Fósforo Total | mg/l | min: 4.48 | min: 2.44 | min: 2.44 | min: 5.67 | min: 279.30 | min: 6.42 |
| | | max: 8.69 | max: 13.36 | max: 288.40 | max: 299.20 | max: 279.30 | max: 288.90 |
| Turbidez | NTU | \bar{X} : 3.25 | \bar{X} : 2.35 | \bar{X} : 3.59 | \bar{X} : 2.98 | \bar{X} : 3.62 | \bar{X} : 3.00 |
| | | σ : 1.46 | σ : 1.07 | σ : 2.05 | σ : 1.63 | σ : 1.63 | σ : 1.60 |
| Sólidos Suspendidos | mg/l | min: 1.41 | min: 1.08 | min: 1.34 | min: 1.26 | min: 5.85 | min: 2.02 |
| | | max: 5.38 | max: 4.38 | max: 6.08 | max: 5.79 | max: 5.85 | max: 4.48 |
| Coliformes Totales | NMP x 1000 | \bar{X} : 1.23 | \bar{X} : 0.89 | \bar{X} : 0.57 | \bar{X} : 0.70 | \bar{X} : 0.80 | \bar{X} : 0.72 |
| | | σ : 0.66 | σ : 0.44 | σ : 0.27 | σ : 0.28 | σ : 0.28 | σ : 0.30 |
| pH | -IH | min: 0.45 | min: 0.26 | min: 1.12 | min: 0.41 | min: 1.36 | min: 0.48 |
| | | max: 2.37 | max: 1.56 | max: 1.12 | max: 1.20 | max: 1.36 | max: 1.29 |
| Conductividad | uS | \bar{X} : 37.78 | \bar{X} : 21.44 | \bar{X} : 25.60 | \bar{X} : 26.52 | \bar{X} : 29.42 | \bar{X} : 33.81 |
| | | σ : 28.77 | σ : 14.39 | σ : 11.80 | σ : 16.88 | σ : 16.88 | σ : 16.20 |
| Caudal | m ³ /s | min: 21.46 | min: 6.94 | min: 6.36 | min: 12.65 | min: 59.12 | min: 16.39 |
| | | max: 101.65 | max: 50.65 | max: 40.65 | max: 61.84 | max: 59.12 | max: 79.07 |
| Caudal | m ³ /s | \bar{X} : 56.08 | \bar{X} : 50.83 | \bar{X} : 34.42 | \bar{X} : 45.37 | \bar{X} : 34.75 | \bar{X} : 47.75 |
| | | σ : 48.68 | σ : 50.74 | σ : 22.99 | σ : 26.95 | σ : 26.95 | σ : 19.57 |
| Caudal | m ³ /s | min: 20.00 | min: 4.00 | min: 8.50 | min: 9.50 | min: 69.00 | min: 15.00 |
| | | max: 136.00 | max: 124.50 | max: 69.00 | max: 94.50 | max: 69.00 | max: 95.00 |
| Caudal | m ³ /s | \bar{X} : 99.60 | \bar{X} : 131.85 | \bar{X} : 87.50 | \bar{X} : 329.80 | \bar{X} : 493.85 | \bar{X} : 384.50 |
| | | σ : 49.90 | σ : 79.15 | σ : 67.82 | σ : 271.70 | σ : 426.95 | σ : 342.50 |
| Caudal | m ³ /s | min: 49.70 | min: 52.70 | min: 19.68 | min: 58.10 | min: 920.80 | min: 66.90 |
| | | max: 149.50 | max: 211.00 | max: 155.31 | max: 601.50 | max: 920.80 | max: 727.00 |
| Caudal | m ³ /s | \bar{X} : 7.89 | \bar{X} : 7.72 | \bar{X} : 7.69 | \bar{X} : 7.65 | \bar{X} : 7.75 | \bar{X} : 7.61 |
| | | σ : 0.14 | σ : 0.17 | σ : 0.25 | σ : 0.05 | σ : 0.05 | σ : 0.15 |
| Caudal | m ³ /s | min: 7.62 | min: 7.38 | min: 7.15 | min: 7.58 | min: 7.86 | min: 7.42 |
| | | max: 8.09 | max: 7.89 | max: 7.89 | max: 7.71 | max: 7.86 | max: 7.79 |
| Caudal | m ³ /s | \bar{X} : 179.77 | \bar{X} : 176.95 | \bar{X} : 178.08 | \bar{X} : 143.13 | \bar{X} : 172.42 | \bar{X} : 155.38 |
| | | σ : 19.83 | σ : 9.28 | σ : 11.08 | σ : 8.48 | σ : 8.48 | σ : 8.80 |
| Caudal | m ³ /s | min: 161.3 | min: 166.40 | min: 198.50 | min: 134.20 | min: 189.40 | min: 162.30 |
| | | max: 221.00 | max: 193.20 | max: 198.50 | max: 158.40 | max: 189.40 | max: 163.4 |
| Caudal | m ³ /s | \bar{X} : 0.26 | \bar{X} : 0.20 | \bar{X} : 0.27 | \bar{X} : 0.34 | \bar{X} : 0.46 | \bar{X} : 0.67 |
| | | σ : 0.09 | σ : 0.08 | σ : 0.11 | σ : 0.16 | σ : 0.16 | σ : 0.20 |
| Caudal | m ³ /s | min: 0.162 | min: 0.338 | min: 0.112 | min: 0.560 | min: 0.700 | min: 0.176 |
| | | max: 0.390 | max: 0.162 | max: 0.490 | max: 0.560 | max: 0.700 | max: 1.260 |

Nota: Resumen de resultados obtenidos de análisis que se realizaron sobre el río Pichán en seis diferentes monitoreos a lo largo del tiempo, se detalla la media por monitoreo, su desviación estándar y los puntos máximos y mínimos que se obtuvieron para cada parámetro.

Tabla 8: Resultados globales de variación espacial de resultados obtenidos para los diferentes puntos de muestreo.

| ANÁLISIS | UNIDAD | PUNTO INICIAL (P0) | PUNTO UNO (P1) | PUNTO DOS (P2) | PUNTO TRES (P3) | PUNTO CUATRO (P4) | PUNTO FINAL (PF) |
|---------------------|------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| DBO | mg/l | \bar{X} : 20.47 max: 81.29 | \bar{X} : 6.05 min: 4.50 | \bar{X} : 4.02 max: 6.35 | \bar{X} : 3.69 max: 10.94 | \bar{X} : 100.75 min: 1.58 | \bar{X} : 11.27 max: 22.72 |
| | | σ : 27.98 min: 2.28 | σ : 1.06 min: 4.50 | σ : 1.98 min: 1.98 | σ : 1.13 min: 1.13 | σ : 3.35 min: 1.58 | σ : 69.91 min: 1.58 |
| DQO | mg/l | \bar{X} : 41.47 max: 162.40 | \bar{X} : 12.73 min: 10.00 | \bar{X} : 7.06 max: 10.60 | \bar{X} : 6.09 max: 14.50 | \bar{X} : 194.31 min: 5.12 | \bar{X} : 22.71 max: 46.40 |
| | | σ : 55.90 min: 4.96 | σ : 1.45 min: 10.00 | σ : 2.32 min: 3.60 | σ : 2.44 min: 2.44 | σ : 4.10 min: 5.12 | σ : 132.57 min: 8.69 |
| Nitrógeno Total | mg/l | \bar{X} : 2.30 max: 3.08 | \bar{X} : 3.59 min: 1.48 | \bar{X} : 1.58 max: 2.41 | \bar{X} : 1.66 max: 3.78 | \bar{X} : 4.27 min: 2.75 | \bar{X} : 4.89 min: 1.08 |
| | | σ : 0.53 min: 1.59 | σ : 1.75 min: 1.48 | σ : 0.62 min: 0.57 | σ : 1.10 min: 0.34 | σ : 1.24 min: 2.75 | σ : 1.83 min: 6.76 |
| Fósforo Total | mg/l | \bar{X} : 1.01 max: 1.81 | \bar{X} : 1.02 min: 0.62 | \bar{X} : 0.77 max: 1.12 | \bar{X} : 0.50 max: 0.84 | \bar{X} : 1.11 min: 0.81 | \bar{X} : 0.51 min: 0.45 |
| | | σ : 0.55 min: 0.35 | σ : 0.63 min: 0.62 | σ : 0.24 min: 0.55 | σ : 0.23 min: 0.25 | σ : 0.20 min: 0.81 | σ : 0.08 min: 0.45 |
| Turbidez | NTU | \bar{X} : 19.53 max: 26.87 | \bar{X} : 47.78 min: 29.50 | \bar{X} : 19.39 max: 25.92 | \bar{X} : 15.21 max: 27.43 | \bar{X} : 48.03 min: 23.34 | \bar{X} : 23.14 max: 37.88 |
| | | σ : 4.26 min: 14.02 | σ : 25.34 min: 29.50 | σ : 4.60 min: 10.66 | σ : 7.56 min: 6.36 | σ : 20.46 min: 23.34 | σ : 8.63 min: 14.06 |
| Sólidos Suspendidos | mg/l | \bar{X} : 62.35 max: 119.00 | \bar{X} : 86.00 min: 39.50 | \bar{X} : 19.58 max: 38.50 | \bar{X} : 18.60 max: 37.00 | \bar{X} : 55.42 min: 26.00 | \bar{X} : 27.25 min: 20.50 |
| | | σ : 39.02 min: 26.00 | σ : 35.66 min: 39.50 | σ : 11.67 min: 4.00 | σ : 9.45 min: 9.00 | σ : 24.12 min: 26.00 | σ : 8.88 min: 20.50 |
| Coliformes Totales | NMP x 1000 | \bar{X} : 48.18 max: 66.90 | N/A | N/A | N/A | N/A | \bar{X} : 460.85 max: 920.80 |
| | | σ : 14.84 min: 19.68 | | | | | σ : 304.11 min: 149.50 |
| pH | -iH | \bar{X} : 7.79 max: 7.89 | \bar{X} : 7.79 min: 7.69 | \bar{X} : 7.82 max: 7.91 | \bar{X} : 7.76 max: 7.92 | \bar{X} : 7.52 min: 7.15 | \bar{X} : 7.63 max: 7.75 |
| | | σ : 0.10 min: 7.62 | σ : 0.08 min: 7.69 | σ : 0.06 min: 7.71 | σ : 0.12 min: 7.58 | σ : 0.30 min: 7.15 | σ : 0.10 min: 7.45 |
| Conductividad | uS | \bar{X} : 160.47 max: 174.60 | \bar{X} : 167.32 min: 141.60 | \bar{X} : 166.58 max: 180.70 | \bar{X} : 159.90 max: 171.40 | \bar{X} : 177.13 min: 139.20 | \bar{X} : 174.33 max: 189.40 |
| | | σ : 17.03 min: 134.20 | σ : 17.28 min: 141.60 | σ : 9.06 min: 158.40 | σ : 11.40 min: 135.60 | σ : 26.38 min: 139.20 | σ : 13.98 min: 149.80 |
| Caudal | m3/s | \bar{X} : 0.17 max: 0.240 | \bar{X} : 0.46 min: 0.112 | \bar{X} : 0.33 max: 0.558 | \bar{X} : 0.43 max: 0.608 | \bar{X} : 0.62 min: 0.338 | \bar{X} : 0.20 max: 0.300 |
| | | σ : 0.04 min: 0.126 | σ : 0.34 min: 0.112 | σ : 0.13 min: 0.196 | σ : 0.11 min: 0.288 | σ : 0.31 min: 0.338 | σ : 0.05 min: 0.144 |

Nota: Resultados obtenidos de análisis que se realizaron sobre el río Pichán en seis diferentes puntos de control, se detalla la media por punto, su desviación estándar y los puntos máximos y mínimos que se obtuvieron para cada parámetro a lo largo del monitoreo.

En la tabla 8 se detallan los valores obtenidos para los diferentes puntos de muestreo a lo largo del monitoreo, se realizó el cálculo de la media, desviación estándar, puntos máximos y mínimos.

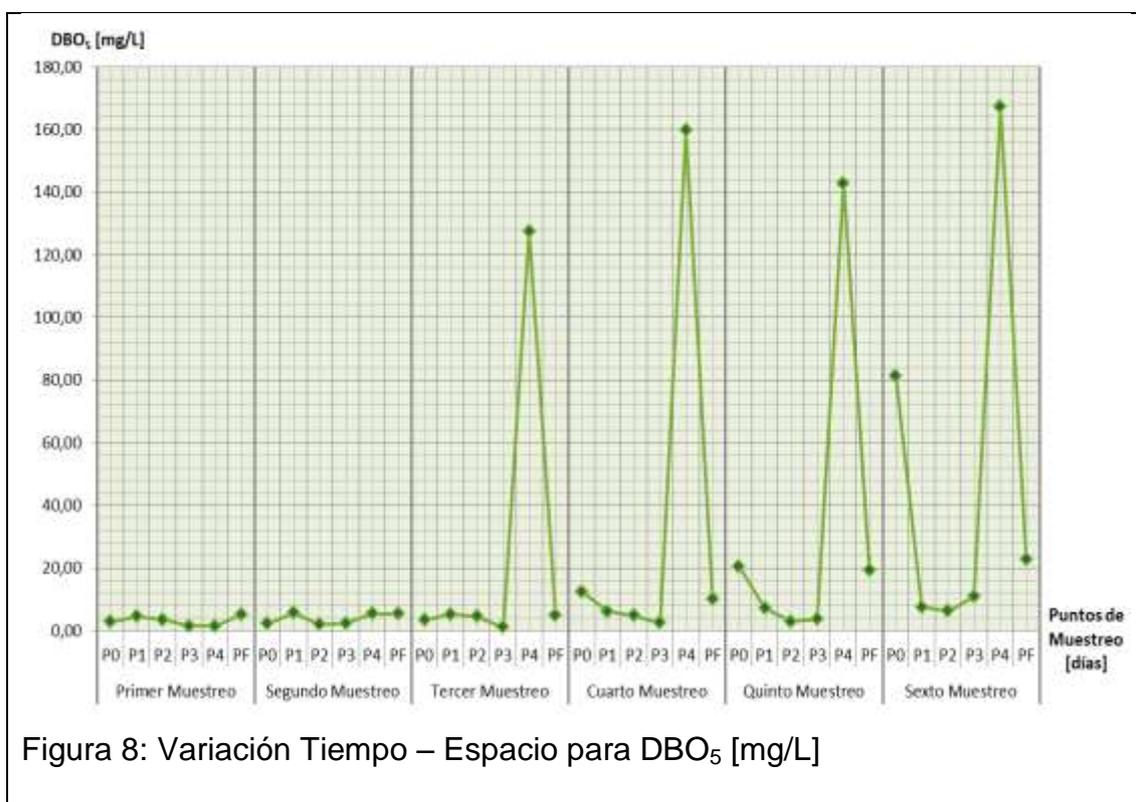
Gracias a esta matriz se pudo identificar que el punto donde existe mayor preocupación por el excedente en la normativa es el punto cuatro (P4), donde la media del DBO superó los límites impuestos en el TULSMA con 0.75%. Principalmente este incremento se debió a la presencia de suero lácteo descargado directamente sobre el cauce del río Pichán.

Tomando en cuenta los puntos máximos y mínimos se diferenció que el punto cuatro (P4) es el de mayor conflicto, superando la normativa con 67.3% y 19.68% para el DBO y DQO respectivamente. La presencia del suero lácteo afectó evidentemente la calidad del río Pichán en este punto de control. Sin embargo se puede identificar que los mismos parámetros reducen considerablemente su concentración en el punto final de muestreo (PF), lo que indicó que el río posee una buena capacidad de dilución y de tratamiento natural en este tramo de aproximadamente 1km de distancia.

Otro punto de conflicto que se logró identificar en la matriz de la tabla 8 fue la presencia del exceso de sólidos suspendidos en el puntos inicial (P0) y punto uno (P1), los cuales en sus resultados máximos superaron la normativa con 19% y 36% respectivamente, las medias obtenidas para los dos puntos de muestreo se encontraron dentro de los límites impuestos por el TULSMA.

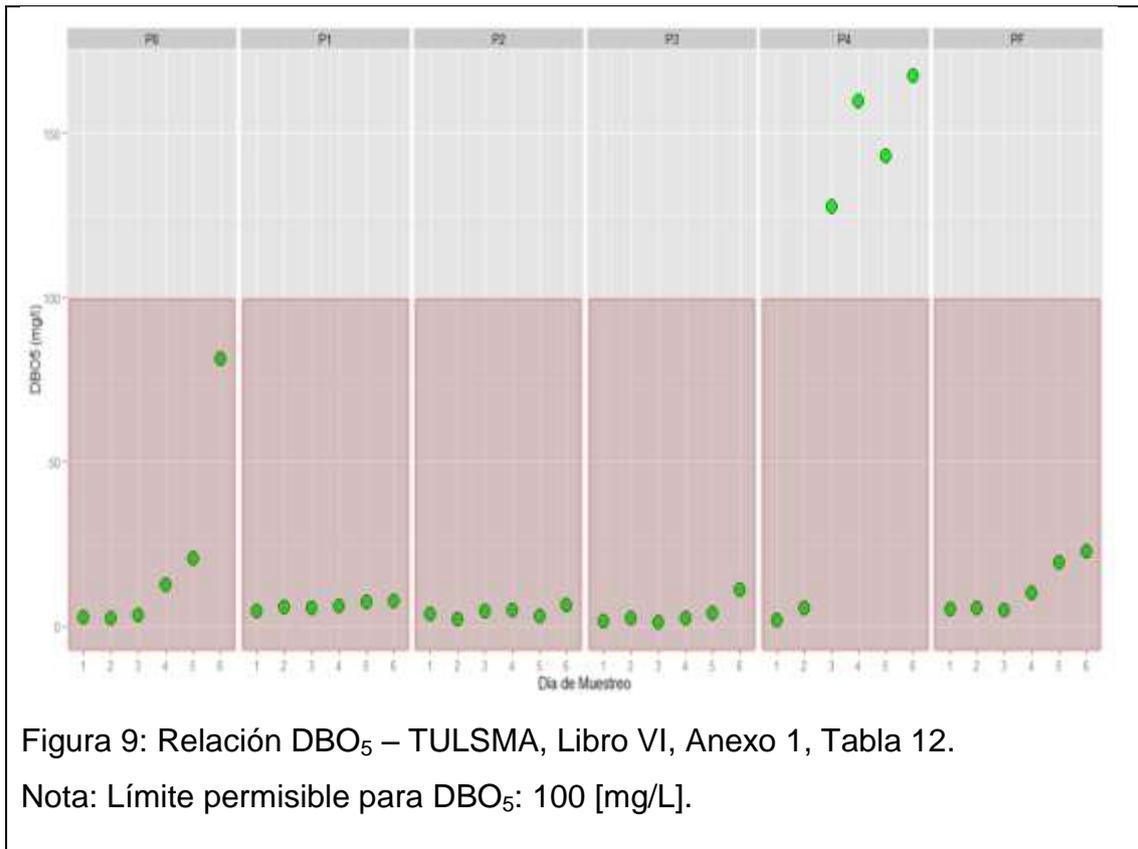
Para entender de mejor manera el comportamiento de cada parámetro analizado se realizaron graficas de los diferente monitoreos con los resultados obtenidos para cada punto de muestreo.

3.1. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO



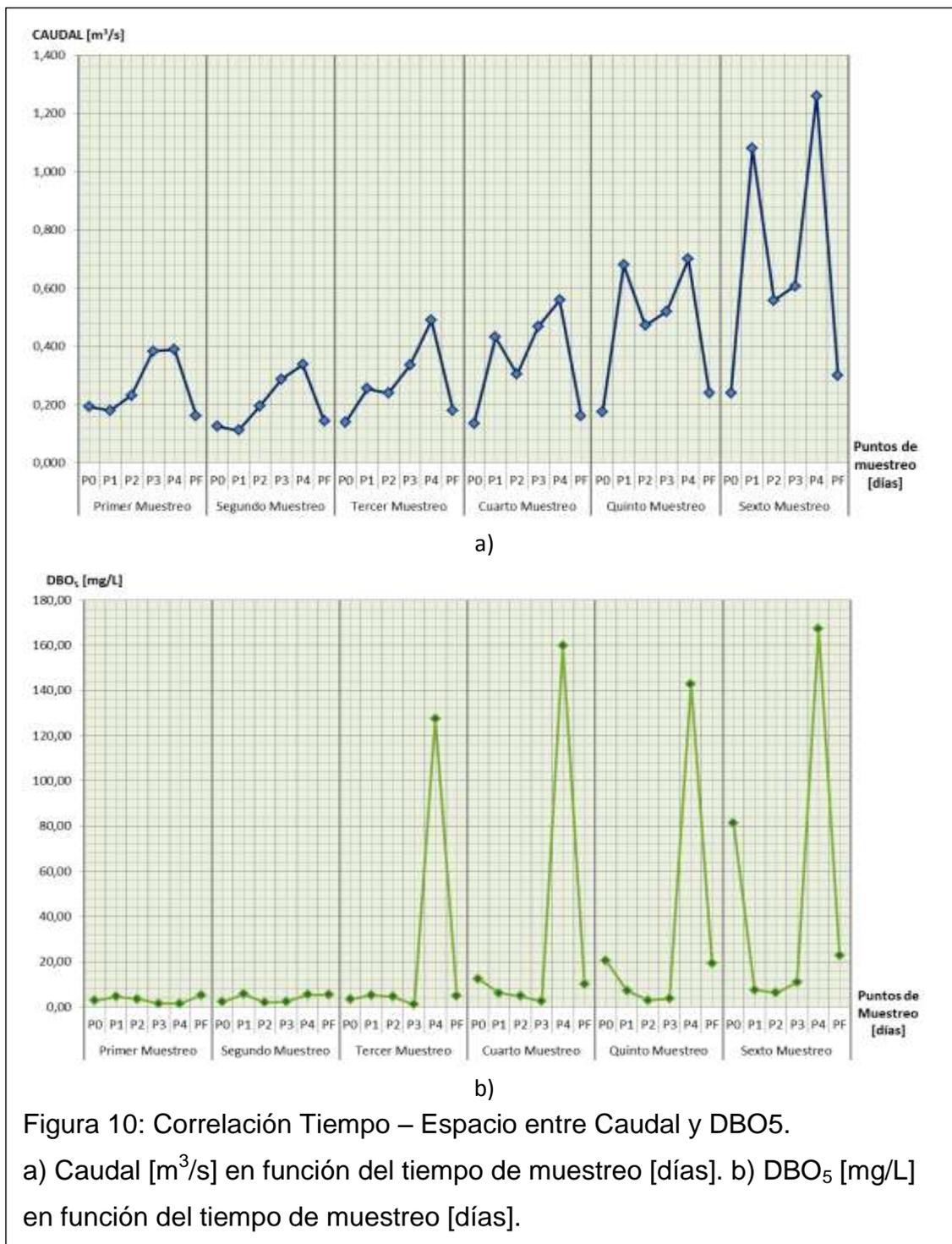
Como se puede observar en la figura 8 los valores del DBO tienen una importante variación en el punto cuatro (P4) a partir del tercer monitoreo, fue aquí donde existió la mayor cantidad de oxígeno consumido por materia orgánica susceptible. La principal razón por la que sucedió esta variación puntualizada se debió a que en dicho lugar existió lo que se consideró como una descarga ilegal de suero lácteo, esto se pudo corroborar por medio del levantamiento base de información en campo (Anexo 4).

La carga orgánica presente en el suero lácteo descargado directamente sobre el río Pichán generó que los resultados varíen considerablemente, aun existiendo dilución del propio caudal del río. En la figura 9 se puede observar que el punto de muestreo cuatro (P4) superó ampliamente la normativa para este parámetro.



Como se puede observar en la figura 9, los resultados obtenidos en el último punto de muestreo se encontraron dentro de la legislación impuesta por el TULSMA, muy por debajo a lo registrado en el punto cuatro (P4), lo que indicó que los procesos naturales de tratamiento generados por el río Pichán funcionaron de manera óptima. Como se señala en un estudio realizado por la Universidad Politécnica de Catalunya (2006), a mayor caudal existirá mayor dilución así como mayor turbulencia, generando tratamientos naturales sobre la contaminación existente en un río.

La figura 10 indica la comparación entre el caudal y el DBO, esta relación ayudó a entender la dilución presente en los diferentes puntos de muestreo a lo largo del monitoreo.



Correlacionando ambos parámetros de estudio se obtuvo que el coeficiente de Pearson fue de 0.52, lo que nos indicó una relación positiva entre los dos parámetros con un leve crecimiento en relación al tiempo.

El caudal que se registró en el punto cuatro (P4) fue el más alto en todos los monitoreos realizados, estas condiciones naturales permitieron una dilución a la contaminación ejercida por el suero de leche, lo que permitió que el punto final registre un resultado inferior de DBO, el cual se encontró dentro de los límites impuestos por el TULSMA.

Como se puede observar en la figura 10, el caudal presente en el punto final (PF) fue inferior a los registrados en los demás puntos, esto se debió a la vegetación riparia, y la presencia de sistemas de riego en el tramo, éstas variables deberán ser estudiadas a mayor profundidad en otras investigaciones.

Para entender de mejor manera el comportamiento ambiental del DBO se realizó las matrices de factores indicativos de contaminación, cuya elaboración se detalla en metodología.

3.1.1. MATRIZ DE FACTORES INDICATIVOS DE CONTAMINACIÓN

Los criterios para la ubicación de las diferentes categorías de contaminación de DBO₅ [mg/L] que se obtuvieron para las diferentes matrices fueron los siguientes:

Tabla 9: Criterios de contaminación para DBO₅ [mg/L].

| | |
|---------|----------------|
| < 19 | Insignificante |
| 19 – 32 | Ligero |
| 32 – 44 | Severo |
| > 44 | Muy Severo |

3.1.1.1. MATRIZ DE LEGISLACIÓN

Utilizando la fórmula de factores para puntos máximos y mínimos de la matriz, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 10: Matriz de legislación para factores indicativos de contaminación.

| DBO5 mg/L | | | | | | |
|----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 04/12/2014 | 24/12/2014 | 09/01/2015 | 28/01/2015 | 10/02/2015 | 27/02/2015 |
| PUNTO 0 | 2,79 | 2,28 | 3,38 | 12,45 | 20,62 | 81,29 |
| PUNTO 1 | 4,50 | 5,72 | 5,28 | 6,07 | 7,13 | 7,61 |
| PUNTO 2 | 3,49 | 1,98 | 4,56 | 4,82 | 2,92 | 6,35 |
| PUNTO 3 | 1,51 | 2,35 | 1,13 | 2,47 | 3,74 | 10,94 |
| PUNTO 4 | 1,58 | 5,42 | 127,62 | 159,74 | 142,85 | 167,30 |
| PUNTO F | 5,12 | 5,37 | 4,84 | 10,17 | 19,37 | 22,72 |

Nota: Insignificante < 19 [mg/L]; Ligeramente 19 – 32 [mg/L]; Severo 32 – 44 [mg/L], Muy Severo > 44 [mg/L].

Como se observa en la tabla 10, el 78% de los monitoreos que se realizaron se encontraron en un rango insignificante por lo que su presencia en el río no representó contaminación alguna, además se diferenció que los puntos más limpios a lo largo de los monitoreos fueron el punto 1 (P1), punto 2 (P2) y el punto 3 (P3); 3 muestras (8%) se encontraron ubicadas en un rango de contaminación ligera; y 5 muestras (14%) fueron catalogadas como contaminación muy severa, cuatro de estas se ubicaron el punto cuatro (P4) donde la presencia del suero de leche generó una incertidumbre al momento del muestreo.

3.1.1.2. MATRIZ AMBIENTAL TIPO A (DÍA MÁS LIMPIO)

Utilizando la metodología teórica del día más limpio, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 11: Matriz ambiental día más limpio para factores indicativos de contaminación.

| DBO5 mg/L | | | | | | |
|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 04/12/2014 | 24/12/2014 | 09/01/2015 | 28/01/2015 | 10/02/2015 | 27/02/2015 |
| PUNTO 0 | 1,00 | 0,82 | 1,21 | 4,46 | 7,39 | 29,14 |
| PUNTO 1 | 1,00 | 1,27 | 1,17 | 1,35 | 1,58 | 1,69 |
| PUNTO 2 | 1,00 | 0,57 | 1,31 | 1,38 | 0,84 | 1,82 |
| PUNTO 3 | 1,00 | 1,56 | 0,75 | 1,64 | 2,48 | 7,25 |
| PUNTO 4 | 1,00 | 3,43 | 80,77 | 101,10 | 90,41 | 105,89 |
| PUNTO F | 1,00 | 1,05 | 0,95 | 1,99 | 3,78 | 4,44 |

Nota: Se dividieron los resultados de cada punto de muestreo a lo largo de los monitoreos para cada punto en el primer día, debido a que su promedio de concentración fue el más bajo del monitoreo con apenas 3,17 [mg/L].

Como se puede observar en la tabla 11, de un total de 30 muestras, sin tomar en cuenta el blanco o monitoreo referencial, el 84% de los resultados obtenidos se encontraron en un rango insignificante; el 3% se ubicaron en la categoría de ligero; y el 13 % de las muestras encontraron en un rango de contaminación muy severa, todas estas se ubicaron el punto de muestreo cuatro (P4).

3.1.1.3. MATRIZ AMBIENTAL TIPO B (PUNTO MÁS LIMPIO)

Utilizando la metodología teórica del punto más limpio, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 12: Matriz ambiental punto más limpio para factores indicativos de contaminación.

| DBO5 mg/L | | | | | | |
|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 04/12/2014 | 24/12/2014 | 09/01/2015 | 28/01/2015 | 10/02/2015 | 27/02/2015 |
| PUNTO 0 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| PUNTO 1 | 1,61 | 2,51 | 1,56 | 0,49 | 0,35 | 0,09 |
| PUNTO 2 | 1,25 | 0,87 | 1,35 | 0,39 | 0,14 | 0,08 |
| PUNTO 3 | 0,54 | 1,03 | 0,33 | 0,20 | 0,18 | 0,13 |
| PUNTO 4 | 0,57 | 2,38 | 37,76 | 12,83 | 6,93 | 2,06 |
| PUNTO F | 1,84 | 2,36 | 1,43 | 0,82 | 0,94 | 0,28 |

Nota: Se dividieron los resultados obtenidos para cada monitoreo del punto inicial (P0).

Como se puede observar en la tabla 12, de un total de 30 muestras, sin tomar en cuenta el blanco o punto referencial, se obtuvo que en la categoría de insignificante se ubicaron el 97% de muestras que no significaron un riesgo para el río Pichán; el 3% se encontraron en la categoría de contaminación severa.

Esta matriz nos indicó que el río Pichán poseía una carga orgánica al ingresar a la cabeza rural de la parroquia, por lo que los demás puntos de muestreo se vieron afectados por el arrastre de la carga orgánica. El único punto donde se existió una variación fue el punto cuatro (P4) en donde el suero lácteo encontrado generó una incertidumbre sobre los resultados.

3.2. DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO

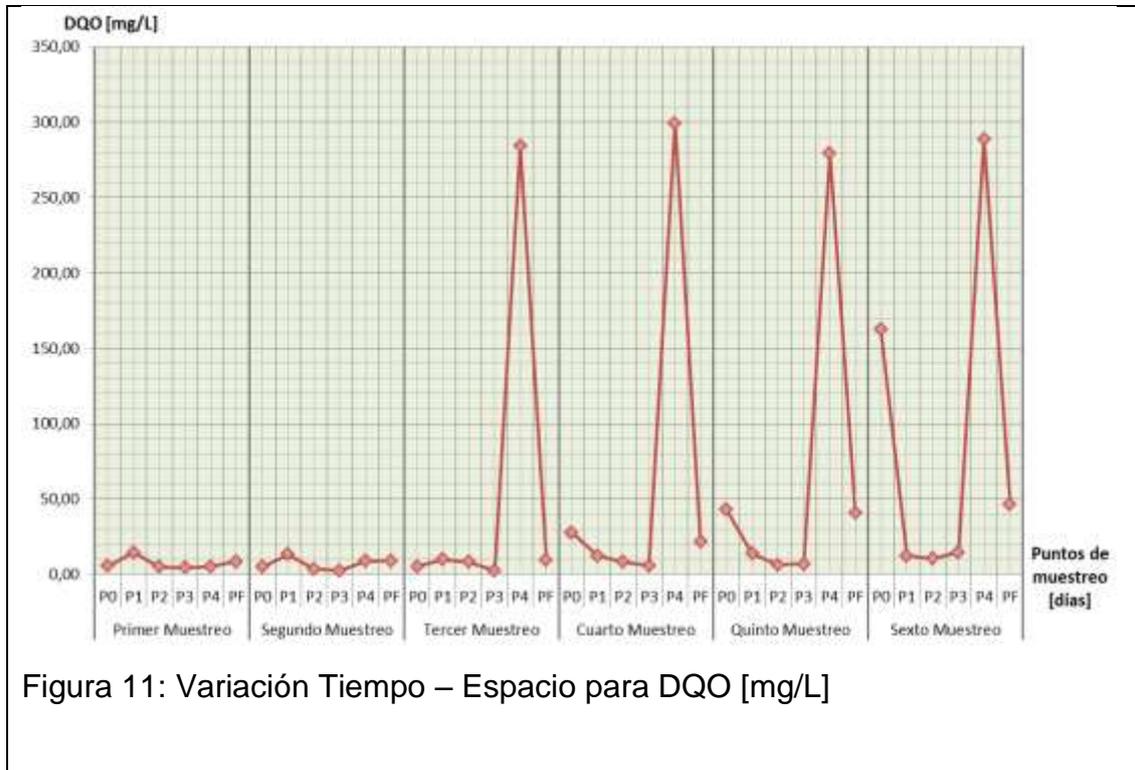
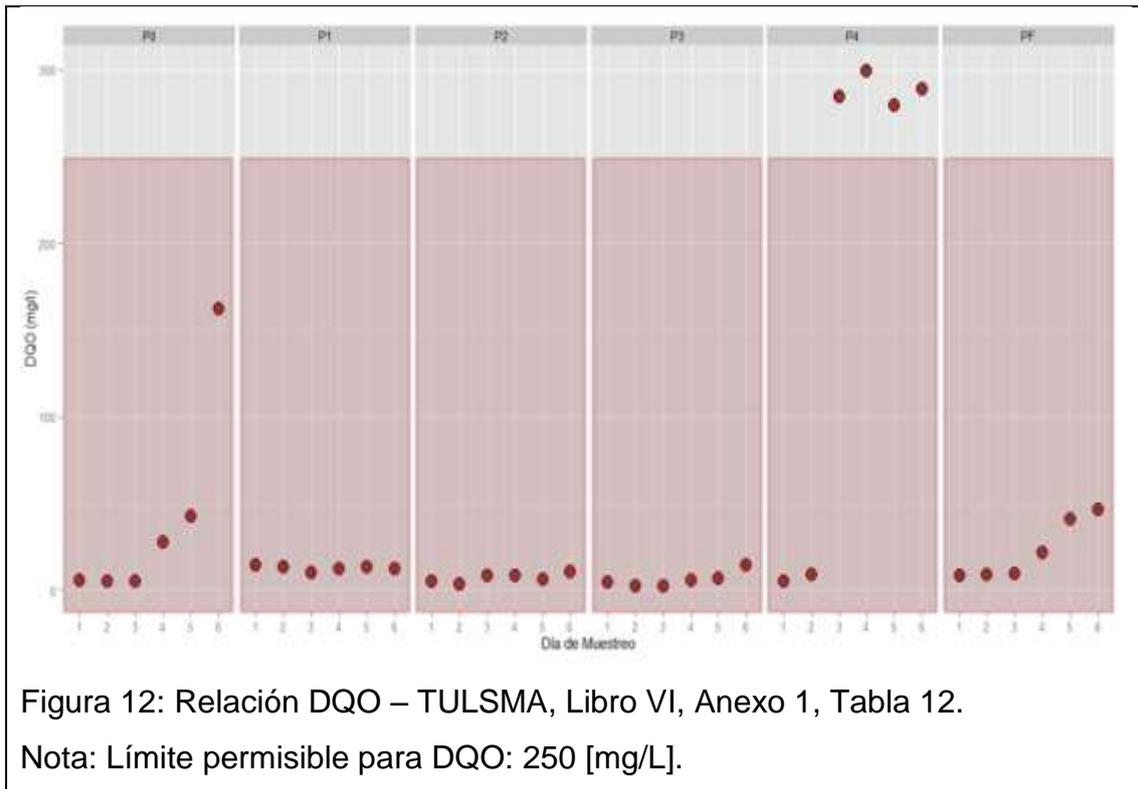


Figura 11: Variación Tiempo – Espacio para DQO [mg/L]

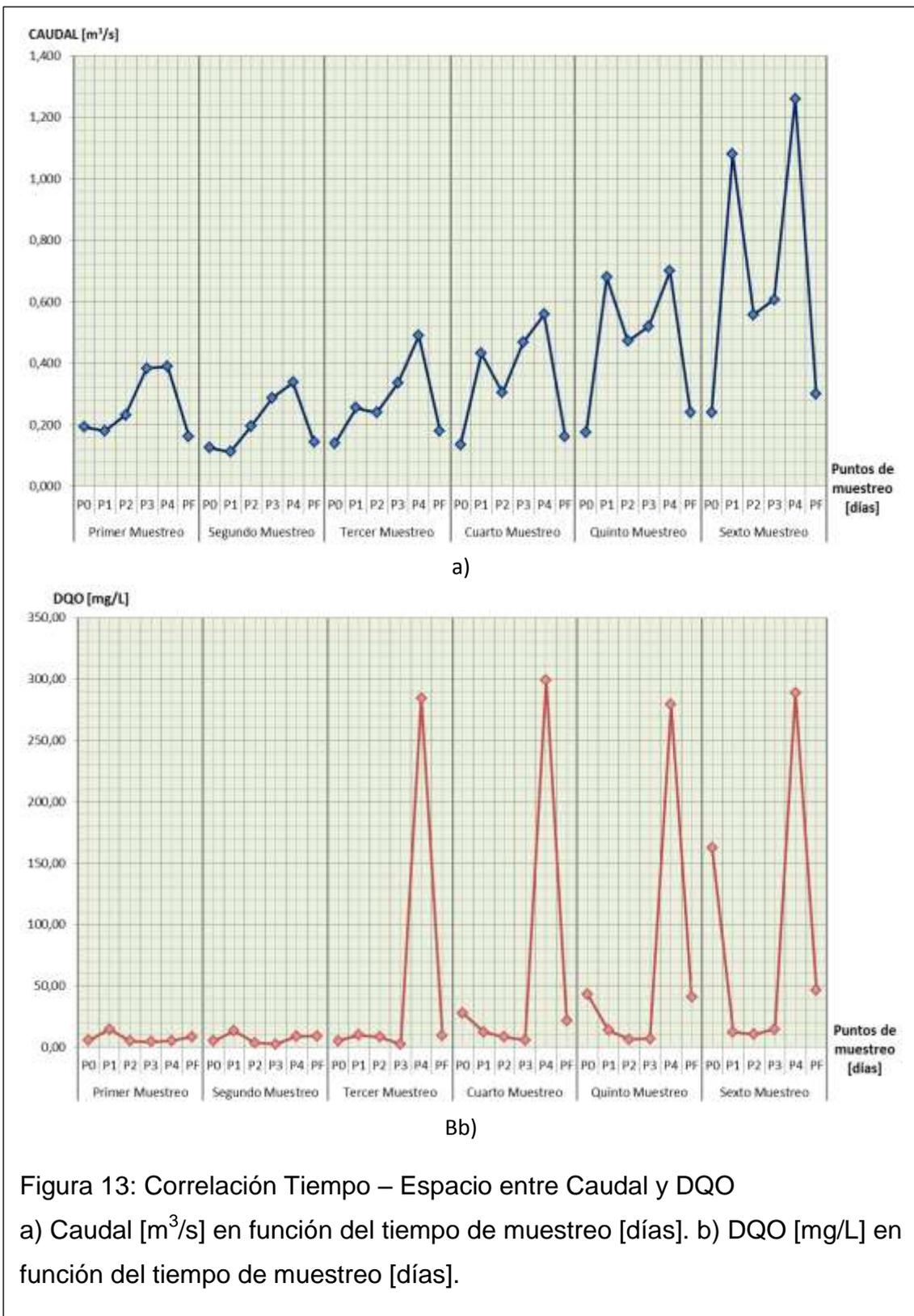
Como se observa en la figura 11 los valores de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) tuvieron una importante variación en el punto cuatro (P4) a partir del tercer muestreo. La principal razón por la que sucedió esta variación puntualizada se debió a que en dicho lugar existió lo que se consideró como una descarga ilegal de suero lácteo, esto se pudo corroborar por medio del levantamiento base de información en campo (Anexo 4).

Tomando en cuenta la legislación vigente (TULSMA, 2015), el DQO se encontró cumpliendo la normativa, excepto en el punto cuatro (P4) en donde los últimos cuatro monitoreos superaron los límites legales, aun existiendo dilución por aumento de caudal en el río Pichán.



Los resultados obtenidos en el punto final se encuentran dentro de la normativa, debido principalmente a la dilución existente en ese tramo del río por el aumento del caudal (UPC, 2006, p.12). Como se mencionó anteriormente, el aumento del caudal genera mayor de turbulencia y por lo tanto mayor aireación dentro del río, generando un proceso natural de tratamiento.

En la figura 13 se muestra la comparación entre Caudal – DQO, esta relación ayudó a entender la dilución presente en los diferentes puntos de muestreo a lo largo del monitoreo.



Correlacionando ambos parámetros de estudio se obtuvo que el coeficiente de Pearson fue de 0.48, lo que indicó una relación positiva entre ambos parámetros.

En el punto cuatro de muestreo (P4), la carga de sustancias susceptibles a ser oxidadas (DQO), así como el caudal registrado fueron los más altos del monitoreo, se pudo diferenciar en el punto final, un decaimiento del 68,64% en promedio de la carga contaminante lo que sugiere que el tratamiento natural en este tramo del río era eficiente, ya que entre ambos puntos de monitoreo existen caídas de agua que generan aireación, choque con rocas bajo la superficie, vegetación riparia que sirve como humedales, así como sistemas de captación de aguas para riego de las actividades.

Para entender de mejor manera el comportamiento ambiental del DQO se realizó las matrices de factores indicativos de contaminación, cuya elaboración se detalla en metodología.

3.2.1. MATRIZ DE FACTORES INDICATIVOS DE CONTAMINACIÓN

Los criterios para la ubicación de las diferentes categorías de contaminación de DQO [mg/L] que se obtuvieron para las diferentes matrices fueron los siguientes:

Tabla 13: Criterios de contaminación para DQO [mg/L].

| | |
|---------|----------------|
| < 10 | Insignificante |
| 10 - 30 | Ligero |
| 30 - 50 | Severo |
| > 50 | Muy Severo |

3.2.1.1. MATRIZ DE LEGISLACIÓN

Utilizando la fórmula de factores para puntos máximos y mínimos de la matriz, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 14: Matriz de legislación para factores indicativos de contaminación.

| | DQO mg/L | | | | | |
|----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 04/12/2014 | 24/12/2014 | 09/01/2015 | 28/01/2015 | 10/02/2015 | 27/02/2015 |
| PUNTO 0 | 5,60 | 4,96 | 5,20 | 27,81 | 42,84 | 162,40 |
| PUNTO 1 | 14,64 | 13,36 | 10,00 | 12,32 | 13,68 | 12,40 |
| PUNTO 2 | 5,04 | 3,60 | 8,32 | 8,40 | 6,42 | 10,60 |
| PUNTO 3 | 4,48 | 2,44 | 2,44 | 5,67 | 7,03 | 14,50 |
| PUNTO 4 | 5,12 | 8,92 | 284,40 | 299,20 | 279,30 | 288,90 |
| PUNTO F | 8,69 | 9,12 | 9,46 | 21,52 | 41,06 | 46,40 |

Nota: Insignificante <10 [mg/L]; Ligero 10 – 30 [mg/L]; Severo 30 – 50 [mg/L], Muy Severo >50 [mg/L].

Como se puede observar en la tabla 14, de 36 muestras tomadas a lo largo del monitoreo, 18 (50%) se encuentran ubicadas en la categoría de insignificante debido a que se encuentran con una carga orgánica menor a 10 mg/L; en el rango de 10 – 30 mg/L correspondiente a la categoría “Ligero” se encuentran

10 muestras (28%); en la categoría de contaminación severa se encuentra el 8% de la muestra; 5 muestras (14%) se encontró en la categoría “Muy Severo” (>50 mg/L).

Observando la matriz se puede identificar que el día más contaminado fue el monitoreo realizado el 27 de febrero, debido principalmente al arrastre de material susceptible a ser oxidado, por medio de escorrentías generadas por lluvias ocurridas en días previos al muestreo

3.2.1.2. MATRIZ AMBIENTAL TIPO A (DÍA MÁS LIMPIO)

Utilizando la metodología teórica del día más limpio, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 15: Matriz ambiental día más limpio para factores indicativos de contaminación.

| DQO mg/L | | | | | | |
|----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 04/12/2014 | 24/12/2014 | 09/01/2015 | 28/01/2015 | 10/02/2015 | 27/02/2015 |
| PUNTO 0 | 1,13 | 1,00 | 1,05 | 5,61 | 8,64 | 32,74 |
| PUNTO 1 | 1,10 | 1,00 | 0,75 | 0,92 | 1,02 | 0,93 |
| PUNTO 2 | 1,40 | 1,00 | 2,31 | 2,33 | 1,78 | 2,94 |
| PUNTO 3 | 1,84 | 1,00 | 1,00 | 2,32 | 2,88 | 5,94 |
| PUNTO 4 | 0,57 | 1,00 | 31,88 | 33,54 | 31,31 | 32,39 |
| PUNTO F | 0,95 | 1,00 | 1,04 | 2,36 | 4,50 | 5,09 |

Nota: Se dividieron los resultados de cada punto de muestreo a lo largo de los monitoreos para cada punto en el primer día, debido a que su promedio de concentración fue el más bajo del monitoreo con apenas 7,07 [mg/L].

Como se puede observar en la tabla 15, de un total de 30 muestras, sin tomar en cuenta el blanco o punto limpio, 83% de la muestra se encontró en la categoría de contaminación insignificante; un total de 5 muestras (17%) se

ubicó en el rango de contaminación severa. Los resultados obtenidos en esta matriz omitieron a las categorías ligera y muy severa.

3.2.1.3. MATRIZ AMBIENTAL TIPO B (PUNTO MÁS LIMPIO)

Utilizando la metodología teórica del punto más limpio, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 16: Matriz ambiental punto más limpio para factores indicativos de contaminación.

| DQO mg/L | | | | | | |
|----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 04/12/2014 | 24/12/2014 | 09/01/2015 | 28/01/2015 | 10/02/2015 | 27/02/2015 |
| PUNTO 0 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| PUNTO 1 | 2,61 | 2,69 | 1,92 | 0,44 | 0,32 | 0,08 |
| PUNTO 2 | 0,90 | 0,73 | 1,60 | 0,30 | 0,15 | 0,07 |
| PUNTO 3 | 0,80 | 0,49 | 0,47 | 0,20 | 0,16 | 0,09 |
| PUNTO 4 | 0,91 | 1,80 | 54,69 | 10,76 | 6,52 | 1,78 |
| PUNTO F | 1,55 | 1,84 | 1,82 | 0,77 | 0,96 | 0,29 |

Nota: Se dividieron los resultados obtenidos para cada monitoreo del punto inicial (P0).

Como se puede observar en la tabla 16, de un total de 30 muestras, sin tomar en cuenta el blanco o punto limpio, 27 muestras (90%) se ubicaron en la categoría de contaminación ligera; 2 muestras (7%) se ubicaron en la categoría de contaminación ligera; finalmente 1 muestra (3%) se ubicó en la categoría de contaminación muy severa. Para esta matriz la categoría de contaminación severa quedo excluida.

Al igual que la DBO esta matriz nos indicó que el río Pichán ingresó a la zona rural con una carga preexistente, por lo que su arrastre influenció directamente en los resultados de los puntos posteriores.

3.3. NITRÓGENO TOTAL

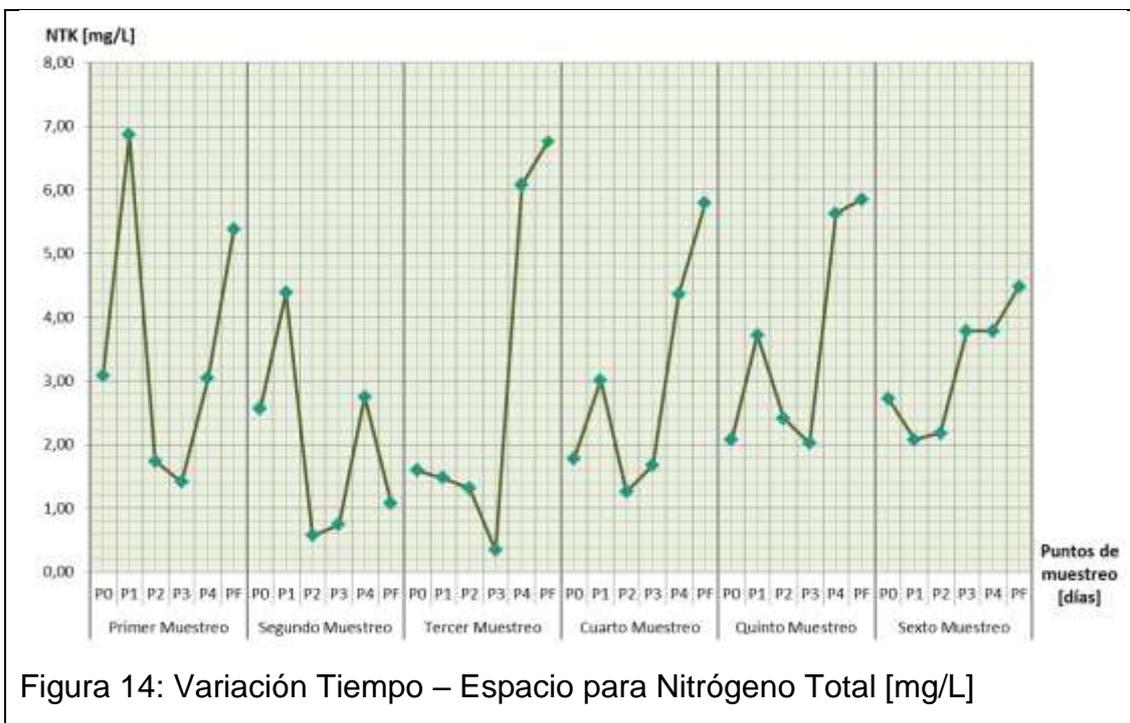


Figura 14: Variación Tiempo – Espacio para Nitrógeno Total [mg/L]

Como se puede observar en la figura 14 los valores de Nitrógeno Total que se obtuvieron se encontraron ubicados entre una concentración de 7 y 0,3 mg/L, siendo los picos más altos los obtenidos en el punto uno (P1) y en el punto final (PF) de todos los muestreos realizados.

Los valores obtenidos para nitrógeno total se encontraron cumpliendo la normativa del TULSMA de 15 [mg/L]. A pesar de que la carga no supera los límites, la presencia de este compuesto se debe tanto por procesos naturales como antrópicos, Nono se caracteriza por las actividades agropecuarias que se desarrollan en los alrededores.

Como se puede observar en la figura 15, no existió relación entre el caudal del río y el nitrógeno total, el coeficiente de Pearson calculado fue de 0.05, lo que nos indica que no existe relación, sin embargo puede que las variables independientes posean una relación no lineal, debido a que ambos parámetros

se veían influenciados directamente por factores naturales y antrópicos generando resultados puntuales.

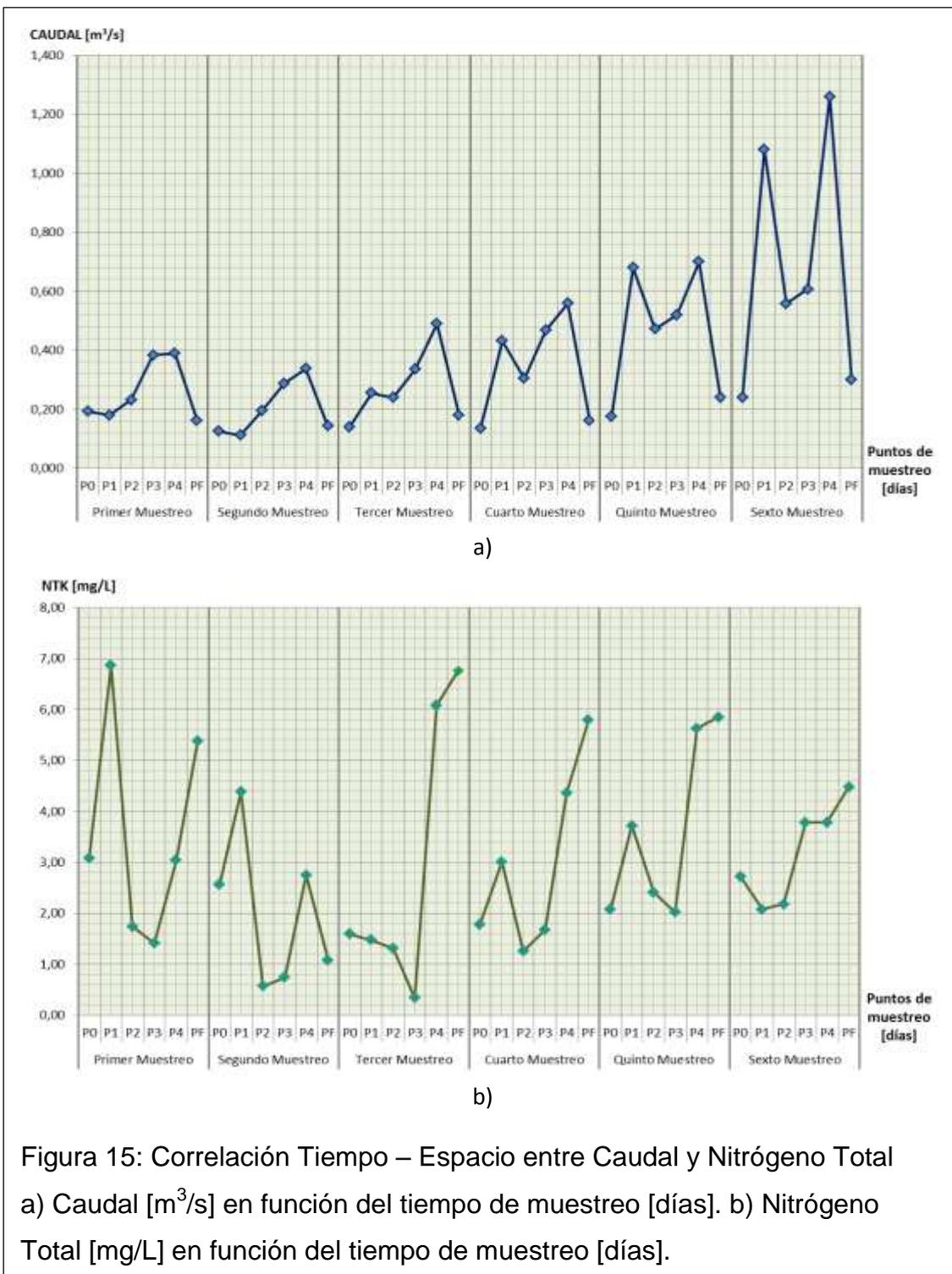


Figura 15: Correlación Tiempo – Espacio entre Caudal y Nitrógeno Total
 a) Caudal [m³/s] en función del tiempo de muestreo [días]. b) Nitrógeno Total [mg/L] en función del tiempo de muestreo [días].

3.3.1. MATRIZ DE FACTORES INDICATIVOS DE CONTAMINACIÓN

Los criterios para la ubicación de las diferentes categorías de contaminación de Nitrógeno Total [mg/L] que se obtuvieron para las diferentes matrices fueron los siguientes:

Tabla 17: Criterios de contaminación para Nitrógeno Total [mg/L].

| | |
|-------|----------------|
| < 6 | Insignificante |
| 6 – 9 | Ligero |
| 8 – 9 | Severo |
| > 9 | Muy Severo |

3.3.1.1. MATRIZ DE LEGISLACIÓN

Utilizando la fórmula de factores para puntos máximos y mínimos de la matriz, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 18: Matriz de legislación para factores indicativos de contaminación.

| NITRÓGENO TOTAL mg/L | | | | | | |
|----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 04/12/2014 | 24/12/2014 | 09/01/2015 | 28/01/2015 | 10/02/2015 | 27/02/2015 |
| PUNTO 0 | 3,08 | 2,56 | 1,59 | 1,78 | 2,07 | 2,72 |
| PUNTO 1 | 6,86 | 4,38 | 1,48 | 3,01 | 3,72 | 2,08 |
| PUNTO 2 | 1,74 | 0,57 | 1,31 | 1,26 | 2,41 | 2,18 |
| PUNTO 3 | 1,41 | 0,74 | 0,34 | 1,68 | 2,02 | 3,78 |
| PUNTO 4 | 3,04 | 2,75 | 6,08 | 4,36 | 5,63 | 3,78 |
| PUNTO F | 5,38 | 1,08 | 6,76 | 5,79 | 5,85 | 4,48 |

Nota: Insignificante <6 [mg/L]; Ligero 6 – 9 [mg/L]; Severo 6 – 9 [mg/L], Muy Severo >9 [mg/L].

Como se observa en la tabla 18, de 36 muestras tomadas a lo largo del monitoreo, 33 muestras (92%) se encontraron ubicadas en la categoría de insignificante (<6 mg/L); y 3 (8%) se encontró en la categoría de contaminación

ligera (6 – 8 mg/L). Para esta matriz, no existieron muestras que alcanzaron las categorías de contaminación severa y contaminación muy severa.

Como se puede observar en la matriz, la dispersión de los resultados no es variada, sin embargo se puede diferenciar que los lugares donde existió mayor concentración de Nitrógeno Total son los puntos cuatro (P4) y final (PF), ambos ubicados al final de la cabecera rural de la parroquia San Miguel de Nono.

3.3.1.2. MATRIZ AMBIENTAL TIPO A (DÍA MÁS LIMPIO)

Utilizando la metodología teórica del día más limpio, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 19: Matriz ambiental día más limpio para factores indicativos de contaminación.

| NITRÓGENO TOTAL mg/L | | | | | | |
|----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 04/12/2014 | 24/12/2014 | 09/01/2015 | 28/01/2015 | 10/02/2015 | 27/02/2015 |
| PUNTO 0 | 1,20 | 1,00 | 0,62 | 0,70 | 0,81 | 1,06 |
| PUNTO 1 | 1,57 | 1,00 | 0,34 | 0,69 | 0,85 | 0,47 |
| PUNTO 2 | 3,05 | 1,00 | 2,30 | 2,21 | 4,23 | 3,82 |
| PUNTO 3 | 1,91 | 1,00 | 0,46 | 2,27 | 2,73 | 5,11 |
| PUNTO 4 | 1,11 | 1,00 | 2,21 | 1,59 | 2,05 | 1,37 |
| PUNTO F | 4,98 | 1,00 | 6,26 | 5,36 | 5,42 | 4,15 |

Nota: Se dividieron los resultados de cada punto de muestreo a lo largo de los monitoreos para cada punto en el primer día, debido a que su promedio de concentración fue el más bajo del monitoreo con apenas 2,01 [mg/L].

Como se puede observar en la tabla 19, de un total de 30 muestras, sin tomar en cuenta el blanco o monitoreo referencial, 29 muestras (97%) se encontraron ubicadas en la categoría de contaminación insignificante y apenas 1 muestra (3%) se ubicó en la categoría de contaminación ligera.

El punto final del monitoreo (PF) fue ubicado en una zona donde se desarrollaban actividades netamente agrícolas, por lo que fue el que mayormente se vio influenciado por la carga de nitrógeno.

3.3.1.3. MATRIZ AMBIENTAL TIPO B (PUNTO MÁS LIMPIO)

Utilizando la metodología teórica del punto más limpio, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 20: Matriz ambiental día más limpio para factores indicativos de contaminación.

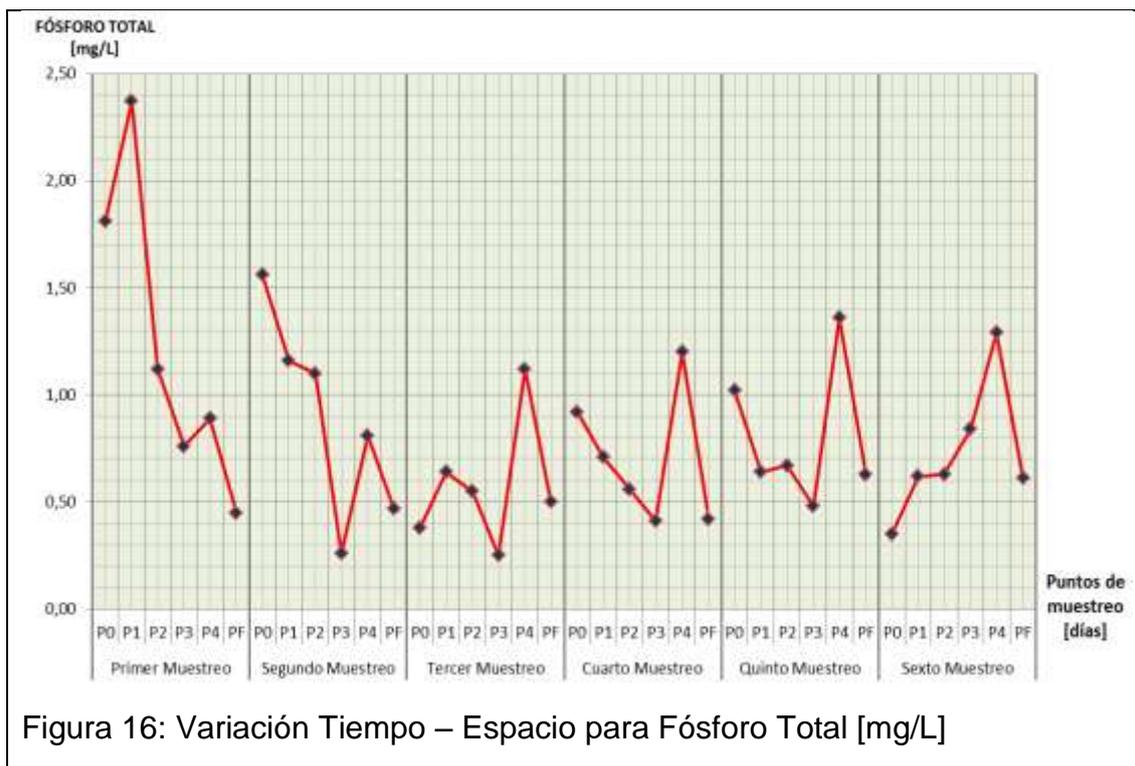
| NITRÓGENO TOTAL mg/L | | | | | | |
|----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 04/12/2014 | 24/12/2014 | 09/01/2015 | 28/01/2015 | 10/02/2015 | 27/02/2015 |
| PUNTO 0 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| PUNTO 1 | 2,23 | 1,71 | 0,93 | 1,69 | 1,80 | 0,76 |
| PUNTO 2 | 0,56 | 0,22 | 0,82 | 0,71 | 1,16 | 0,80 |
| PUNTO 3 | 0,46 | 0,29 | 0,21 | 0,94 | 0,98 | 1,39 |
| PUNTO 4 | 0,99 | 1,07 | 3,82 | 2,45 | 2,72 | 1,39 |
| PUNTO F | 1,75 | 0,42 | 4,25 | 3,25 | 2,83 | 1,65 |

Nota: Se dividieron los resultados obtenidos para cada monitoreo del punto inicial (P0).

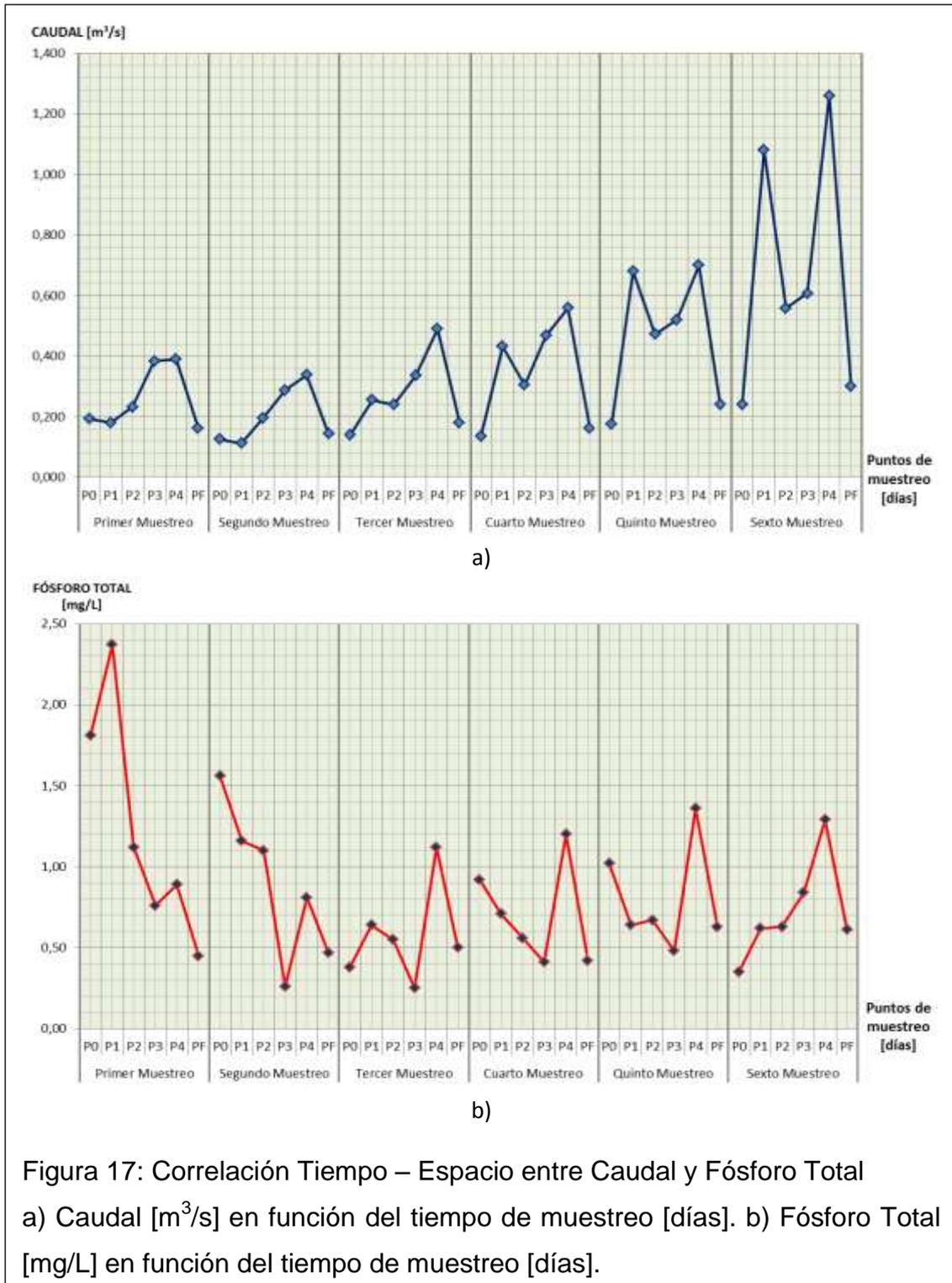
Como se puede observar en la tabla 20, de un total de 30 muestras, sin tomar en cuenta el blanco o punto referencial, 30 muestras (100%) se encontraron en la categoría de insignificante; lo que nos indicó que el arrastre generado por la presencia de nitrógeno aguas arriba del río Pichán se encontraban realizando una influencia sobre los demás puntos de muestreo.

3.4. FÓSFORO TOTAL

Como se puede observar en la figura 16 los valores medio porcentuales de Fósforo Total que se obtuvieron tienen concentraciones que van desde los 0,3 mg/L hasta los 2,5 mg/L, valores que se encuentran muy por debajo de la normativa legal vigente impuesta por el TULSMA.



Como se observa en la figura 16 los resultados obtuvieron a lo largo del monitoreo no superan la normativa legal impuesta por el TULSMA. La presencia del fósforo total en el río Pichán se debe principalmente a la escorrentía procedente de tierras agrícolas y actividades ganaderas, así como la presencia de descargas residuales domésticas e industriales (Iida y Shock, 2009, p.2). En la parroquia San Miguel de Nono, el 49% de las actividades socioeconómicas se encuentra relacionado con la agricultura y ganadería (GADP, 2011, p.43).



En la figura 17 se muestra la comparación entre Caudal – Fósforo Total, relacionando ambos parámetros el coeficiente de Pearson calculado fue de 0.03, lo que nos indicó que no existe relación entre ambos parámetros. Al igual

que el nitrógeno total, el fósforo total depende directamente de los factores naturales y antrópicos mencionados anteriormente, por lo tanto los valores registrados fueron puntuales y no representaron una relación directa con la cantidad de agua que atravesó el lugar al momento del monitoreo.

3.4.1. MATRIZ DE FACTORES INDICATIVOS DE CONTAMINACIÓN

Los criterios para la ubicación de las diferentes categorías de contaminación de Fósforo Total [mg/L] que se obtuvieron para las diferentes matrices fueron los siguientes:

Tabla 21: Criterios de contaminación para Fósforo Total [mg/L].

| | |
|---------|----------------|
| < 1,5 | Insignificante |
| 1,5 - 5 | Ligero |
| 5 - 10 | Severo |
| > 10 | Muy Severo |

3.4.1.1. MATRIZ DE LEGISLACIÓN

Utilizando la fórmula de factores para puntos máximos y mínimos de la matriz, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 22: Matriz de legislación para factores indicativos de contaminación.

| FÓSFORO TOTAL mg/L | | | | | | |
|--------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 04/12/2014 | 24/12/2014 | 09/01/2015 | 28/01/2015 | 10/02/2015 | 27/02/2015 |
| PUNTO 0 | 1,81 | 1,56 | 0,38 | 0,92 | 1,02 | 0,35 |
| PUNTO 1 | 2,37 | 1,16 | 0,64 | 0,71 | 0,64 | 0,62 |
| PUNTO 2 | 1,12 | 1,10 | 0,55 | 0,56 | 0,67 | 0,63 |
| PUNTO 3 | 0,76 | 0,26 | 0,25 | 0,41 | 0,48 | 0,84 |
| PUNTO 4 | 0,89 | 0,81 | 1,12 | 1,20 | 1,36 | 1,29 |
| PUNTO F | 0,45 | 0,47 | 0,50 | 0,42 | 0,63 | 0,61 |

Nota: Insignificante <1,5 [mg/L]; Ligero 1,5 – 5 [mg/L]; Severo 5 – 10 [mg/L], Muy Severo >10 [mg/L].

Como se puede observar en la tabla 22, de 36 muestras tomadas a lo largo del monitoreo, 33 muestras (92%) se encontraron ubicadas en la categoría de insignificante (<1,5 mg/L); 3 muestras (8%) se encontraron en la categoría de contaminación ligera (1,5 – 5 mg/L). Las categorías de contaminación severa y contaminación muy severa no fueron tomadas en cuenta para esta matriz debido a que los valores obtenidos de fosforo total no superaron los 5 [mg/L].

3.4.1.2. MATRIZ AMBIENTAL TIPO A (DÍA MÁS LIMPIO)

Utilizando la metodología teórica del día más limpio, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 23: Matriz ambiental día más limpio para factores indicativos de contaminación.

| FÓSFORO TOTAL mg/L | | | | | | |
|--------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 04/12/2014 | 24/12/2014 | 09/01/2015 | 28/01/2015 | 10/02/2015 | 27/02/2015 |
| PUNTO 0 | 4,76 | 4,11 | 1,00 | 2,42 | 2,68 | 0,92 |
| PUNTO 1 | 3,70 | 1,81 | 1,00 | 1,11 | 1,00 | 0,97 |
| PUNTO 2 | 2,04 | 2,00 | 1,00 | 1,02 | 1,22 | 1,15 |
| PUNTO 3 | 3,04 | 1,04 | 1,00 | 1,64 | 1,92 | 3,36 |
| PUNTO 4 | 0,79 | 0,72 | 1,00 | 1,07 | 1,21 | 1,15 |
| PUNTO F | 0,90 | 0,94 | 1,00 | 0,84 | 1,26 | 1,22 |

Nota: Se dividieron los resultados de cada punto de muestreo a lo largo de los monitoreos para cada punto en el primer día, debido a que su promedio de concentración fue el más bajo del monitoreo con apenas 0,57 [mg/L].

Como se puede observar en la tabla 23, de un total de 30 muestras, sin tomar en cuenta el blanco o punto limpio, 18 muestras (60%) se encontraron ubicadas en la categoría de contaminación insignificante; 12 (40%) muestras se ubicaron en la categoría de contaminación ligera. Las demás categorías se encuentran excluidas ya que los resultados obtenidos no superan los 5 [mg/L].

3.4.1.3. MATRIZ AMBIENTAL TIPO B (PUNTO MÁS LIMPIO)

Utilizando la metodología teórica del punto más limpio, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 24: Matriz ambiental punto más limpio para factores indicativos de contaminación.

| FÓSFORO TOTAL mg/L | | | | | | |
|--------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 04/12/2014 | 24/12/2014 | 09/01/2015 | 28/01/2015 | 10/02/2015 | 27/02/2015 |
| PUNTO 0 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| PUNTO 1 | 1,31 | 0,74 | 1,68 | 0,77 | 0,63 | 1,77 |
| PUNTO 2 | 0,62 | 0,71 | 1,45 | 0,61 | 0,66 | 1,80 |
| PUNTO 3 | 0,42 | 0,17 | 0,66 | 0,45 | 0,47 | 2,40 |
| PUNTO 4 | 0,49 | 0,52 | 2,95 | 1,30 | 1,33 | 3,69 |
| PUNTO F | 0,25 | 0,30 | 1,32 | 0,46 | 0,62 | 1,74 |

Nota: Se dividieron los resultados obtenidos para cada monitoreo del punto inicial (P0).

Como se puede observar en la tabla 24, de un total de 30 muestras, sin tomar en cuenta el blanco o punto limpio, 23 muestras (77%) se ubicaron en la categoría de insignificante; 7 muestras (23%) se encontraron en la categoría de contaminación ligera, representando el 23% del monitoreo. Para esta matriz, los valores no superan los 5 [mg/L] de concentración de Fósforo Total, por lo que las categorías de contaminación severa y contaminación muy severa, fueron excluidas.

El río Pichán ingresó a la cabecera rural de Nono con cierta concentración de Fósforo Total, debido a las actividades ganaderas y agrícolas que se realizan en las partes altas de la montaña, por medio del escorrentías se arrastró estiércol, purines, y restos de plaguicidas utilizados en dichas actividades (Cabello y Hervás, 2001, p.21).

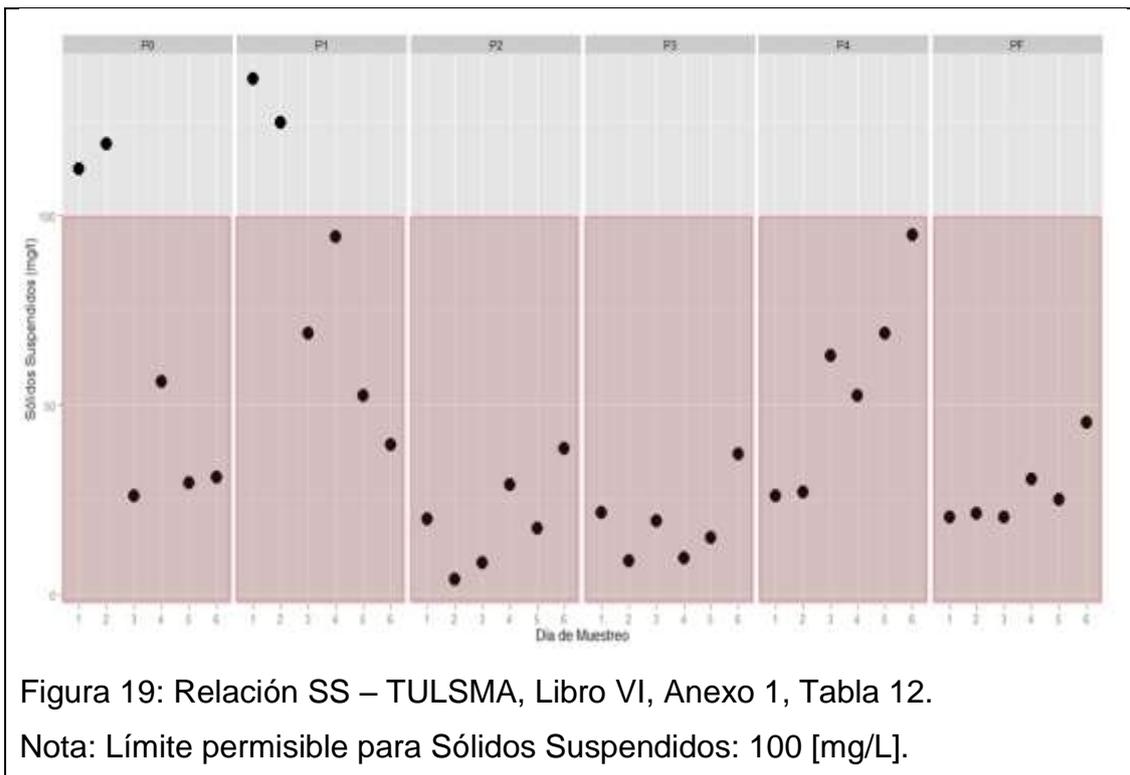
3.5. SÓLIDOS SUSPENDIDOS



Figura 18: Variación Tiempo – Espacio para Sólidos Suspendidos [mg/L]

Como se puede observar en la figura 18, los valores medio porcentuales de los sólidos suspendidos variaron en los diferentes monitoreos, dependiendo del día y del sector en donde se recolectó la muestra. Los valores más altos se los localizó en los puntos de muestreo uno (P1) y dos (P2) durante los dos primeros monitoreos.

En los dos primeros monitoreos los sólidos suspendidos superaron los límites impuestos por el TULSMA (2015), especialmente en los puntos de muestreo inicial (P0) y uno (P1). Esto se lo detalla en la figura 19 a continuación:

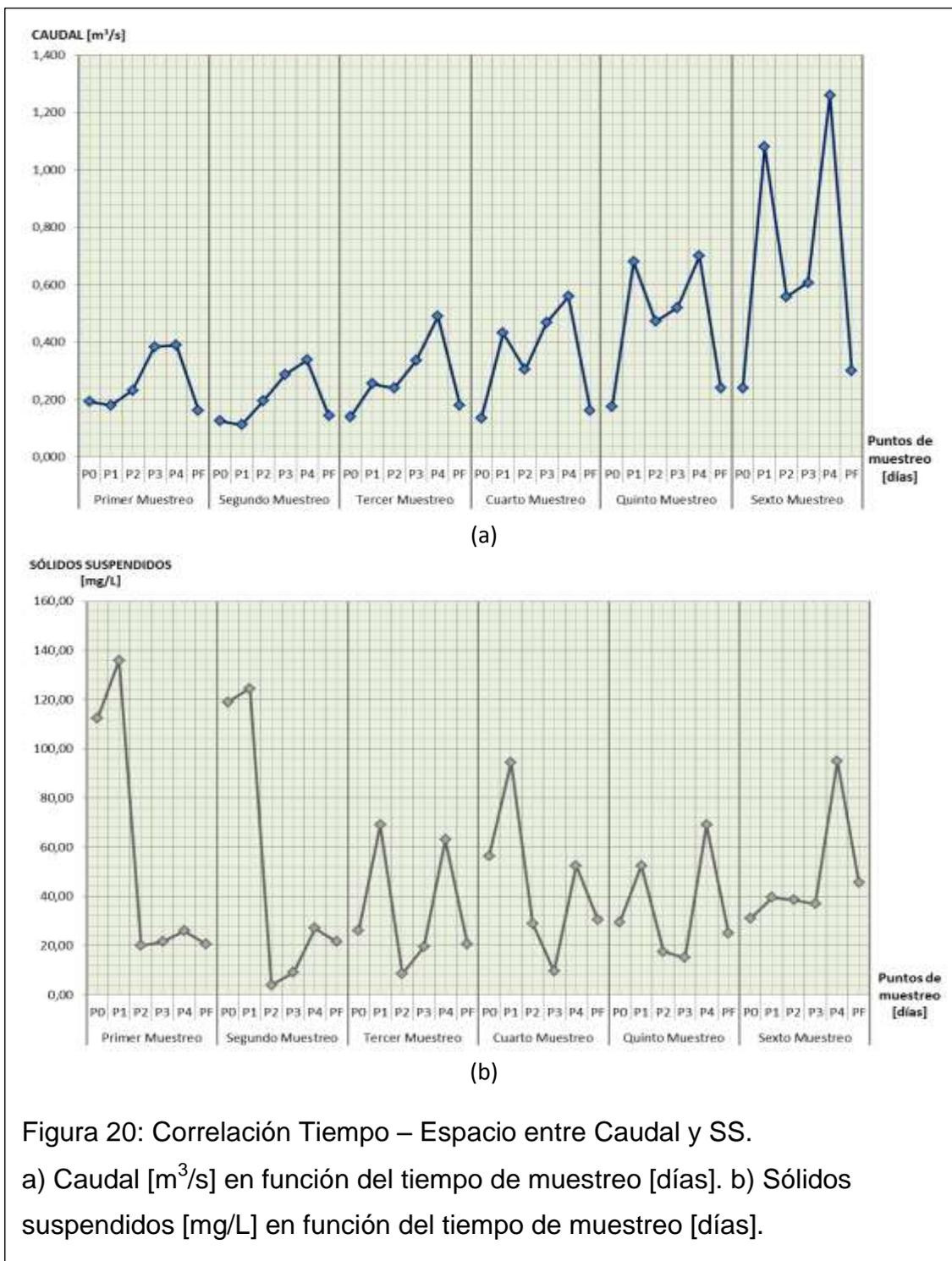


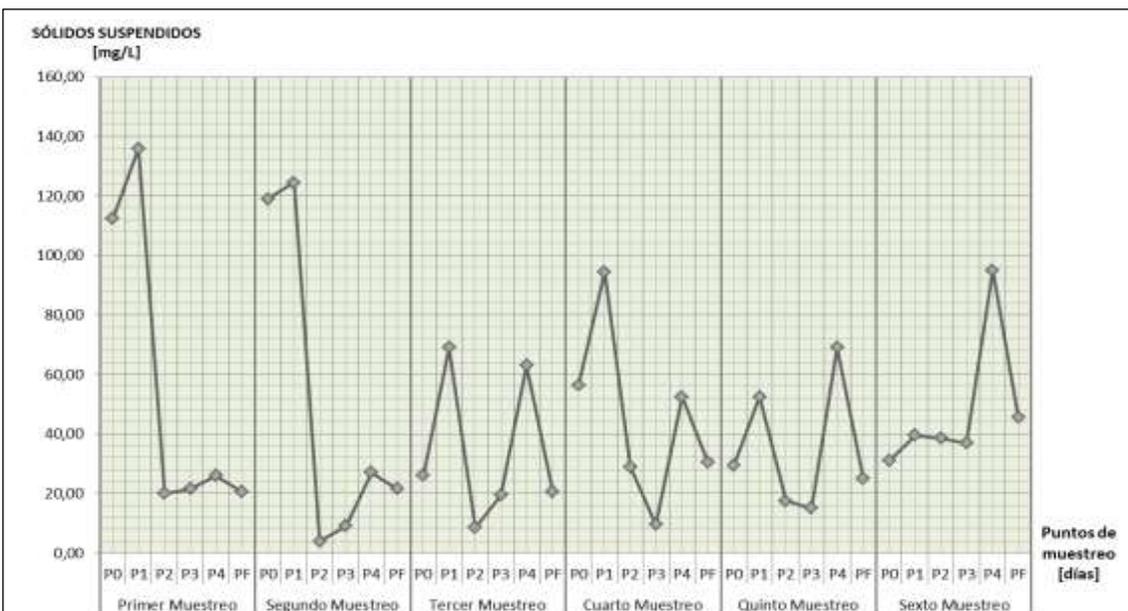
En la figura 19 se determinó que el punto inicial (P0) y el punto uno (P1) tuvieron un incremento de sólidos suspendidos, superando la normativa impuesta por el TULSMA (2015), la cual indica que estos no pueden superar los 100 mg/L, sin embargo este incremento se lo pudo asociar a la toma de muestra, ya que ambos puntos presentaban dificultad para su ingreso se requirió el uso de muestreador para obtener las mismas.

Los sólidos suspendidos poseen una relación directa con la turbiedad del agua, es por esta razón que se realizó una comparación entre los sólidos suspendidos, el caudal y la turbiedad, mostrados en las figuras 20 y 21.

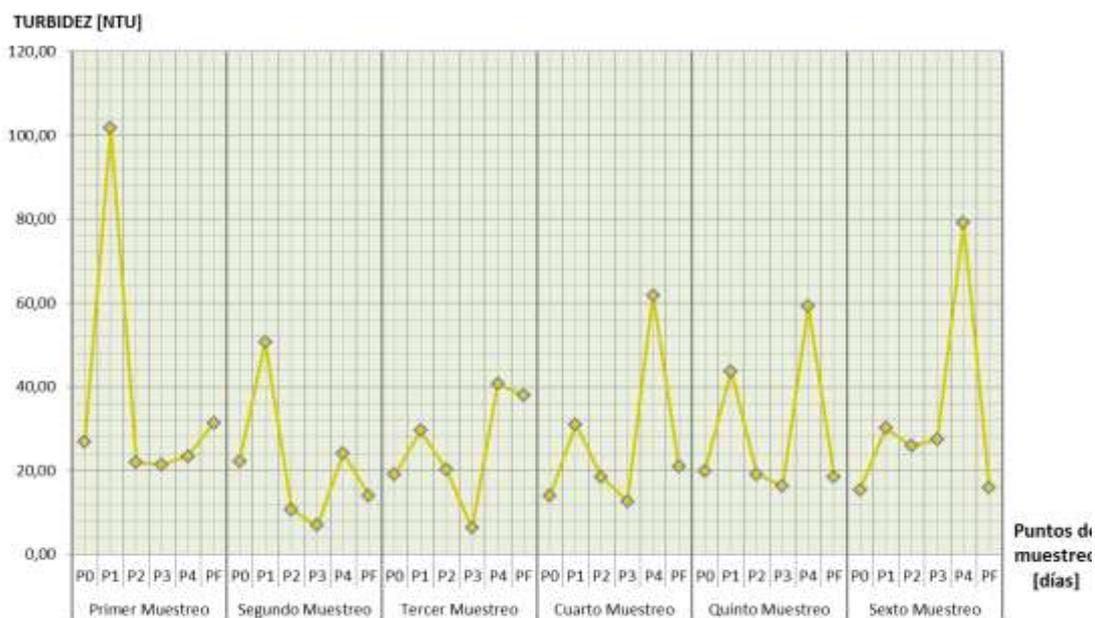
En la figura 20 se muestra la relación Caudal – Sólidos Suspendedos en donde el coeficiente de Pearson que se obtuvo fue de 0.06, lo que nos indica que no existe relación entre ambos parámetros, sin embargo se pudo diferenciar que a mayor caudal, la carga fue reducida, los puntos donde el caudal fue mayor, como se evidenció en el punto cuatro de muestreo (P4), los sólidos

sedimentados en el fondo del río se elevaron a causa de la turbulencia (UPC, 2006, p.12).





(a)



(b)

Figura 21: Correlación Tiempo – Espacio entre SS Y Turbidez

a) Sólidos suspendidos [mg/L] en función del tiempo de muestreo [días]. b) Turbidez [mg/L] en función del tiempo de muestreo [días].

Como se puede observar en la figura 21 la relación sólidos suspendidos – turbidez fue parecida en ambos parámetros, obteniendo un coeficiente de Pearson de 0.67, debido a que la turbidez es un parámetro en el cual se mide partículas en suspensión, generalmente con un diámetro microscópico (Azario, García, Marcó y Metzler, 2004, p.73), por lo que la presencia de sólidos suspendidos en el agua afectó directamente el resultado de la turbiedad.

Se puede diferenciar que a mayor presencia de sólidos suspendidos, la turbidez aumentó de igual manera, en el punto cuatro del monitoreo (P4) resaltó el incremento de sólidos suspendidos, muy similar a lo que se obtuvo en la turbidez.

3.5.1. MATRIZ DE FACTORES INDICATIVOS DE CONTAMINACIÓN

Los criterios para la ubicación de las diferentes categorías de contaminación de Sólidos Suspendidos [mg/L] que se obtuvieron para las diferentes matrices fueron los siguientes:

Tabla 25: Criterios de contaminación para Sólidos Suspendidos [mg/L].

| | |
|-------|----------------|
| < 1 | Insignificante |
| 1 – 2 | Ligero |
| 2 – 4 | Severo |
| > 4 | Muy Severo |

3.5.1.1. MATRIZ DE LEGISLACIÓN

Utilizando la fórmula de factores para puntos máximos y mínimos de la matriz, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 26: Matriz de legislación para factores indicativos de contaminación.

| SÓLIDOS SUSPENDIDOS | | | | | | |
|----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | 04/12/2014 | 24/12/2014 | 09/01/2015 | 28/01/2015 | 10/02/2015 | 27/02/2015 |
| PUNTO 0 | 112,40 | 119,00 | 26,00 | 56,20 | 29,50 | 31,00 |
| PUNTO 1 | 136,00 | 124,50 | 69,00 | 94,50 | 52,50 | 39,50 |
| PUNTO 2 | 20,00 | 4,00 | 8,50 | 29,00 | 17,50 | 38,50 |
| PUNTO 3 | 21,60 | 9,00 | 19,50 | 9,50 | 15,00 | 37,00 |
| PUNTO 4 | 26,00 | 27,00 | 63,00 | 52,50 | 69,00 | 95,00 |
| PUNTO F | 20,50 | 21,50 | 20,50 | 30,50 | 25,00 | 45,50 |

Nota: Insignificante <1 [mg/L]; Ligero 1 – 2 [mg/L]; Severo 2 – 4 [mg/L], Muy Severo >4 [mg/L].

En la tabla 26, para el análisis del Sólidos Suspendidos, de 36 muestras tomadas a lo largo del monitoreo: 1 muestra (3%) entró en la categoría de contaminación severa; y 35 muestras (97%) se ubicaron en la categoría de contaminación muy severa.

3.5.1.2. MATRIZ AMBIENTAL TIPO A (DÍA MÁS LIMPIO)

Utilizando la metodología teórica del día más limpio, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 27: Matriz ambiental día más limpio para factores indicativos de contaminación.

| SÓLIDOS SUSPENDIDOS | | | | | | |
|---------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 04/12/2014 | 24/12/2014 | 09/01/2015 | 28/01/2015 | 10/02/2015 | 27/02/2015 |
| PUNTO 0 | 4,32 | 4,58 | 1,00 | 2,16 | 1,13 | 1,19 |
| PUNTO 1 | 1,97 | 1,80 | 1,00 | 1,37 | 0,76 | 0,57 |
| PUNTO 2 | 2,35 | 0,47 | 1,00 | 3,41 | 2,06 | 4,53 |
| PUNTO 3 | 1,11 | 0,46 | 1,00 | 0,49 | 0,77 | 1,90 |
| PUNTO 4 | 0,41 | 0,43 | 1,00 | 0,83 | 1,10 | 1,51 |
| PUNTO F | 1,00 | 1,05 | 1,00 | 1,49 | 1,22 | 2,22 |

Nota: Se dividieron los resultados de cada punto de muestreo a lo largo de los monitoreos para cada punto en el tercer día, debido a que su promedio de concentración fue el más bajo del monitoreo con apenas 34,32 [mg/L].

Como se puede observar en la tabla 27, de un total de 30 muestras, sin tomar en cuenta el blanco o monitoreo de referencia: 9 muestras (30%) se encontraron en la categoría de contaminación insignificante; 13 muestras (43%) se ubicaron en la categoría de contaminación ligera, 5 muestras (17%) se ubicaron en la categoría de contaminación severa; finalmente 3 muestras fueron clasificadas como contaminación muy severa.

Comparando estos resultados con la matriz de legislación obtuvimos que las categorías dominantes variaron drásticamente debido a que la presencia de sólidos suspendidos dentro del caudal del río es un proceso natural, por lo que al relacionar el día más limpio de todo el monitoreo con los demás resultados.

3.5.1.3. MATRIZ AMBIENTAL TIPO B (PUNTO MÁS LIMPIO)

Utilizando la metodología teórica del punto más limpio, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 28: Matriz ambiental punto más limpio para factores indicativos de contaminación.

| SÓLIDOS SUSPENDIDOS | | | | | | |
|---------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 04/12/2014 | 24/12/2014 | 09/01/2015 | 28/01/2015 | 10/02/2015 | 27/02/2015 |
| PUNTO 0 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| PUNTO 1 | 1,21 | 1,05 | 2,65 | 1,68 | 1,78 | 1,27 |
| PUNTO 2 | 0,18 | 0,03 | 0,33 | 0,52 | 0,59 | 1,24 |
| PUNTO 3 | 0,19 | 0,08 | 0,75 | 0,17 | 0,51 | 1,19 |
| PUNTO 4 | 0,23 | 0,23 | 2,42 | 0,93 | 2,34 | 3,06 |
| PUNTO F | 0,18 | 0,18 | 0,79 | 0,54 | 0,85 | 1,47 |

Nota: Se dividieron los resultados obtenidos para cada monitoreo del punto inicial (P0).

Como se puede observar en la tabla 28, de un total de 30 muestras, sin tomar en cuenta el blanco o punto de referencia: 18 muestras (60%) se ubicaron en la categoría de insignificante; 8 muestras (27%) se ubicaron en la categoría de contaminación ligera; 4 muestras (13%) se catalogaron como contaminación severa.

Tomando en cuenta la teoría propuesta por (SIAT-PC, 2010, p.41), la carga de sólidos suspendidos con la que ingresó el río Pichán a la cabecera rural de Nono, afectó la zona de estudio, ya que como se pudo observar en la matriz tipo B, al dividir los resultados de cada monitoreo con el punto inicial de cada día se obtuvo que las categorías dominantes fueron la insignificante y la ligera.

3.6. COLIFORMES TOTALES

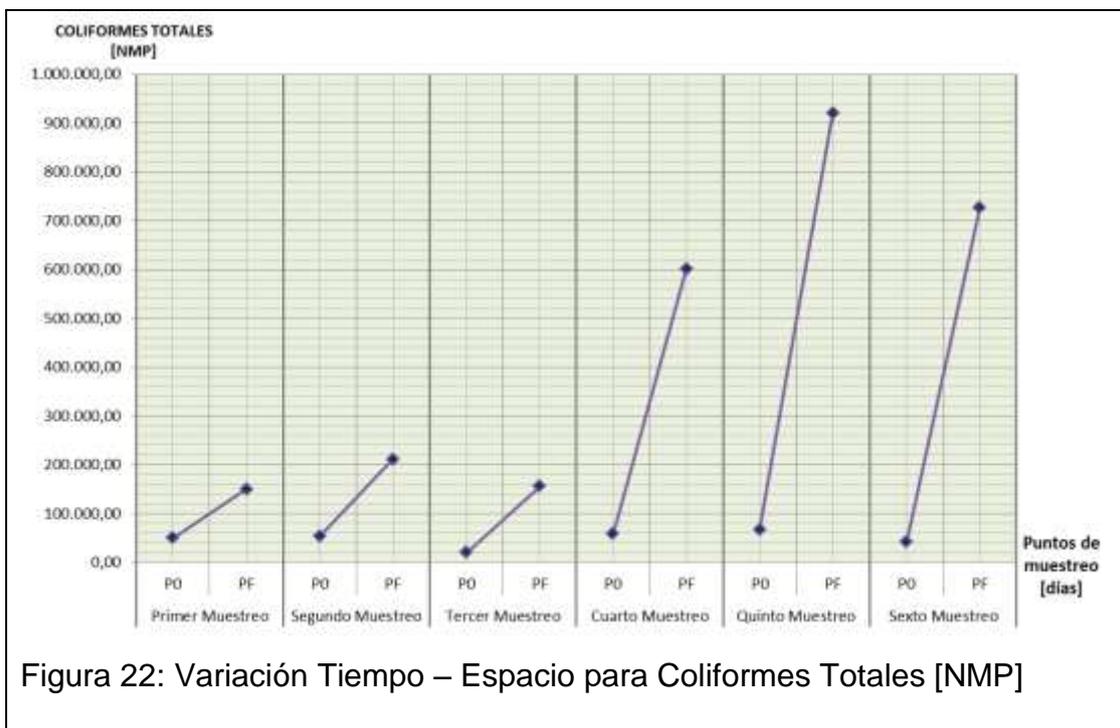
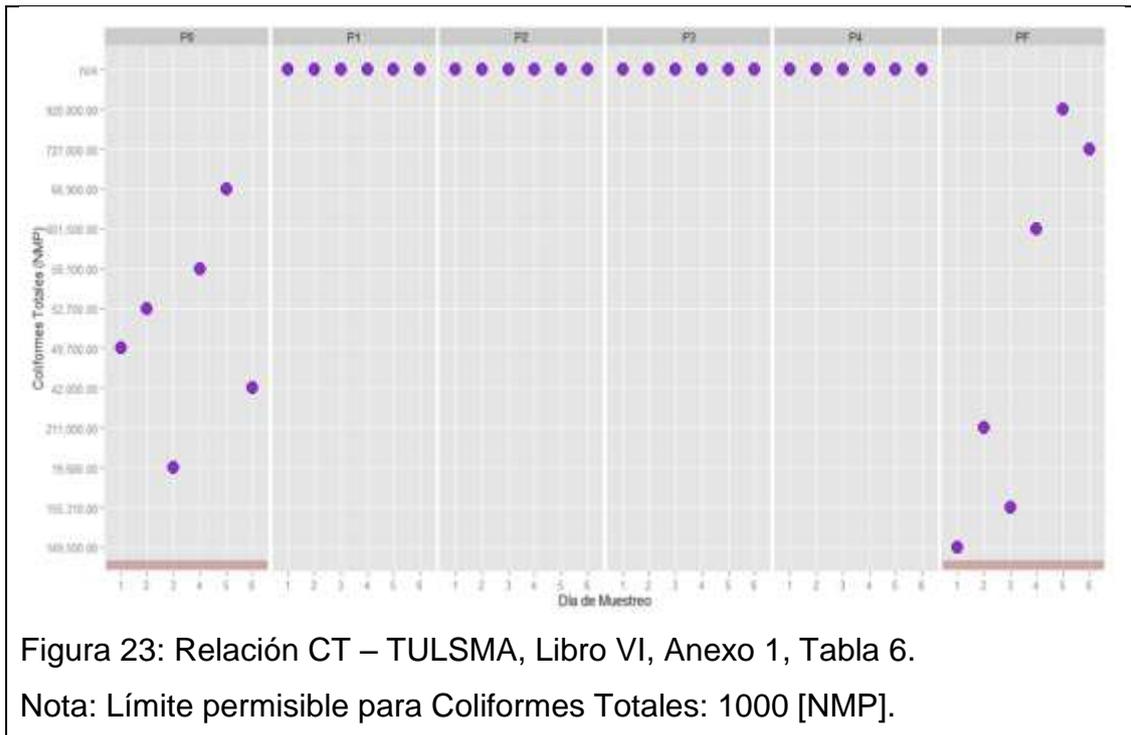


Figura 22: Variación Tiempo – Espacio para Coliformes Totales [NMP]

Como se puede observar en la figura 22, en los tres primeros muestreos la carga de coliformes totales se mantuvo aproximadamente en 200.000 [NMP], sin embargo a partir del cuarto muestreo se incrementó hasta llegar a casi a 1'000.000 [NMP]; este aumento se debió principalmente a las descargas directas provenientes aguas arriba, así como escorrentías generadas por las lluvias producidas en el sector al momento del estudio, las cuales arrastraron material cargado de heces fecales provenientes de las montañas adyacentes, en donde predominan las actividades ganaderas y agrícolas.

Al momento de atravesar la zona rural de Nono, existió un evidente aumento de coliformes; sin embargo en ambos puntos de muestreo, los coliformes totales [NMP] sobrepasaron la legislación impuesta por el TULSMA.



Como se puede observar en la figura 23, la dispersión de los resultados obtenidos para coliformes totales muestra una evidente concentración de los mismos [NMP]. En ambos casos superaron la legislación impuesta por el TULSMA (2015), lo que nos indicó que el río poseía una carga de coliformes totales desde su ingreso al punto de referencia o punto inicial (P0) del estudio. Evidentemente a su paso por la zona poblada de la parroquia estos valores se incrementaron debido a las actividades que se desarrollan en sus alrededores, así como la presencia de descargas de aguas residuales directas.

Como menciona la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2005), la escorrentía no es solamente un desperdicio del agua de lluvia que pudo haber contribuido a la producción de cultivos y a reabastecer las aguas subterráneas sino que además, frecuentemente, causa inundaciones o daña los caminos y las tierras agrícolas, erosionando el suelo lleno de nutrientes que a su vez es depositado en el curso de los ríos y estanques aguas abajo.

3.7. POTENCIAL HIDRÓGENO (pH)

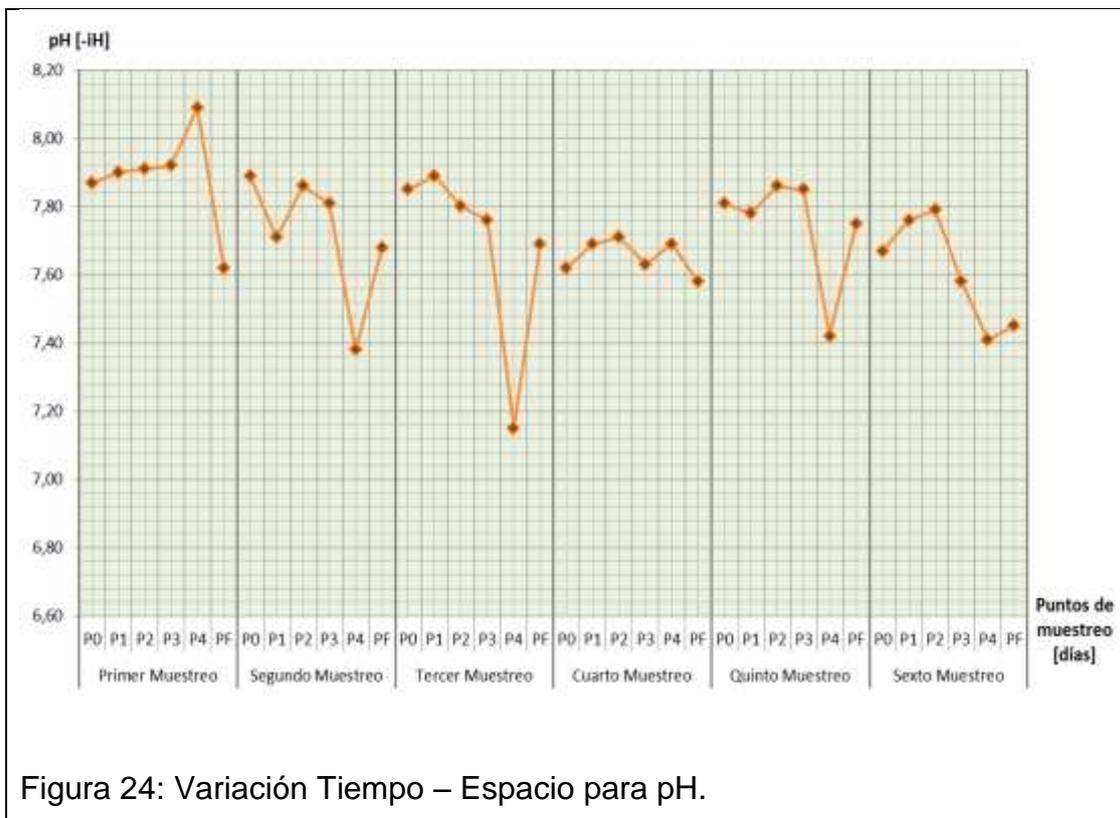
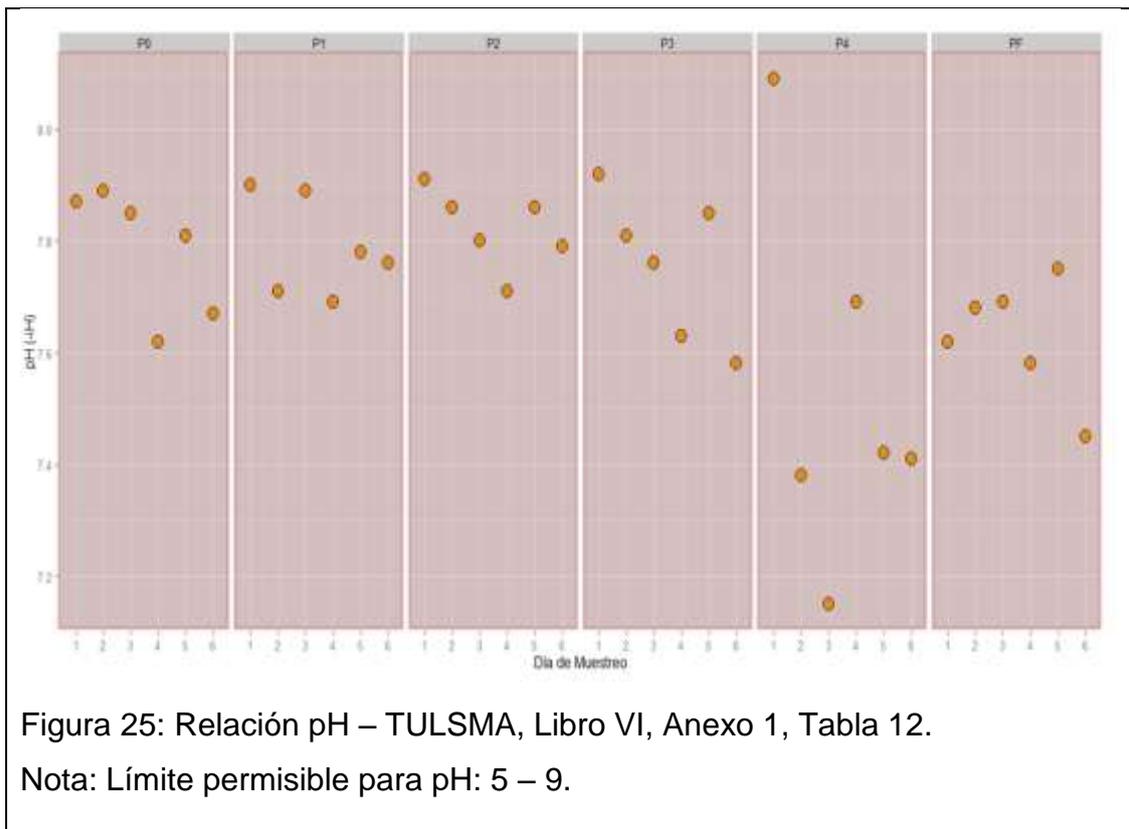


Figura 24: Variación Tiempo – Espacio para pH.

Como se puede diferenciar en la figura 24, el pH se mantuvo constante en 7,8, sin embargo en el punto cuatro (P4) a lo largo de los monitoreos se registraron decaimientos mínimos, ubicando en 7.2 [-iH] promedio. Esta ligera acidificación la podemos asociar a la presencia puntual en su momento de suero lácteo, este, al estancarse pudo iniciar un proceso de fermentación, el cual generó un ambiente ácido en el cauce del río.

El pH registrado en el río Pichán se encontró dentro de la normativa impuesta por el TULSMA, la cual dicta que el potencial hidrógeno debe encontrarse en un rango de 5 a 9 [-iH]. Los resultados pueden ser interpretados de mejor manera en el siguiente gráfico:



Como se puede observar en la figura 25, la dispersión de los resultados para potencial hidrógeno se mantuvo constante en 7, el cual es el ideal para una muestra de agua ya que es el punto intermedio entre la acidificación y la alcalinidad del agua.

3.8. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (μS)



Figura 26: Variación Tiempo – Espacio para Conductividad Eléctrica

Como se puede diferenciar en la figura 26, la conductividad eléctrica se mantuvo constante entre 130 y 220 [μS] los cuales son valores óptimos para la dinámica del río.

4. CAPITULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Según Prat, Rieradevall y Villamarín (2014) los estudios realizados sobre los ríos andinos se han incrementado en los últimos años, sin embargo aún quedan muchos aspectos por explotar. Uno de estos es conocer la variabilidad de los factores físicos, químicos e hidrológicos sobre los cauces de los diferentes ríos.

De acuerdo a la problemática planteada para este estudio, se logró determinar que los resultados analizados se encontraron en valores normales tomando en cuenta la metodología y legislación utilizada, sin embargo se debe destacar los puntos de mayor conflicto a lo largo del monitoreo.

4.1. COMPORTAMIENTO FÍSICO, QUÍMICO E HIDROLÓGICO DEL TRAMO ESTUDIADO

Las variables físico – químicas que se analizaron en este estudio para cada uno de los tramos presentaron poca variación puntual. Sin embargo a nivel espacial, se encontraron diferencias significativas, especialmente la carga de DBO y DQO los cuales se vieron afectados directamente en el punto cuatro (P4) debido a la presencia de suero lácteo descargado directamente y que la capacidad de dilución del río Pichán se vio afectada en este tramo del río, como se pudo analizar, este punto poseía una ventaja en cuanto al caudal del río Pichán, en donde se presentó el mayor volumen de caudal.

Como se señala en un estudio realizado por la Universidad Politécnica de Catalunya (2006), a mayor caudal existirá mayor dilución así como mayor turbulencia, generando tratamientos naturales sobre la contaminación existente en un río. Como se pudo observar en el punto final del monitoreo (PF), la carga de DBO y DQO se vio reducida considerablemente ajustándose ampliamente a los parámetros impuestos por el TULSMA, la aireación generada por la

turbulencia, caída de agua y choque contra rocas en medio de los dos tramos generó un tratamiento natural sobre el cauce del río Pichán.

Los valores de pH y conductividad eléctrica en el río Pichán se encontraron dentro de los parámetros normales presentando un comportamiento uniforme a lo largo de todo el monitoreo en los diferentes puntos de muestreo. Este comportamiento coincide con el estudio realizado sobre el río Guachinango en Cuba (González, Hernández y Pérez, 2008) en donde la uniformidad de los valores se utilizó como indicador positivo para determinar la ausencia de descargas industriales de gran importancia sobre el cauce del río.

En el caso del nitrógeno y el fósforo su presencia en aguas superficiales puede tener su origen en aguas residuales, así como en suelos ricos, propios de las zonas ganaderas en donde el estiércol que es arrastrado por la escorrentía puede generar una contaminación sobre el cuerpo de agua (Iida y Shock, 2009, p.2). En el río Pichán los valores registrados para estos compuestos fueron bajos, y se encontraron dentro de los rangos establecidos por el TULSMA, estos valores coinciden con Díaz y Rivera (2004) en donde se señala que las actividades agrícolas de la cuenca no necesariamente pueden afectar directamente la química del agua mediante escorrentías generadas.

Sin embargo se debe acotar que los muestreos fueron realizados en época lluviosa, por lo que los valores de nitrógeno y fósforo total pudieron sufrir variaciones naturales, como indica Carrillo, González y Peñaherrera (2004) en su estudio, los valores de nitrógeno y fósforo obtuvieron sus valores más altos en cuando el cauce del embalse fue el de menor proporción, algo que se puede identificar claramente sobre río Pichán en la relación caudal – parámetro, estos valores no superaron la normativa (TULSMA, 2015), pero ayudó a entender el comportamiento del río.

En el caso de los sólidos suspendidos, los valores registrados se ubicaron dentro de los parámetros establecidos por el TULSMA, sin embargo se debe

destacar su varianza a lo largo del monitoreo realizado sobre el río Pichán, ya que se pudieron identificar ciertos puntos de muestreo que se vieron afectados por las actividades realizadas en sus alrededores, esto se lo pudo asociar al estudio realizado en el año 2006 (Rodríguez, Taboada y Taboada, 2007), en donde se determinó que los terrenos de cultivo son la principal fuente de sedimentos dentro de una cuenca, generando el 72% de los residuos sólidos presentes en fuentes hídricas de los alrededores. Dichas concentraciones pueden aumentar por medio de precipitaciones, poniendo en riesgo la calidad de las aguas.

Esta variación fue explicada por González (2005, p.21) en donde indicó que la sedimentación es el proceso natural que ocurre en lugares donde la turbulencia del agua es baja. El punto inicial (P0) y el punto uno (P1) se encontraban localizados en lugares donde existían ligeras caídas de agua que generaban turbulencia en la zona de muestreo, por lo tanto sus valores fueron los más altos registrados a lo largo del monitoreo, mientras que el punto tres (P3) se encontraba ubicado en una zona de recesión donde no existía turbulencia y por lo tanto sus sedimentos se vieron depositados en el fondo del río.

Por su parte la presencia de Coliformes depende principalmente de la cepa a la que pertenece, el análisis de coliformes totales constituye cuatro grandes grupos, entre los que destacan la *Escherichia Coli*, de origen fecal, y la *Enterobacter*, las cuales provienen de la descomposición de materia orgánica (Carrillo y Lozano, 2008). Según la Organización Mundial de la Salud (1996), los diferentes géneros que conforman los coliformes totales se encuentran generalmente en la capa superficial del agua, así como en los sedimentos.

Como se pudo identificar en el estudio, el cauce del río ya ingresa a la cabecera rural de la parroquia de Nono con una carga importante de coliformes totales, y al comparar sus resultados con los obtenidos en el punto final (PF) se pudo identificar que existió un incremento considerable de los mismos al momento de atravesar la zona rural, coincidiendo con un estudio realizado en

el río Blanco de Colombia ubicado en la región de Tolima (Esquivel, 2008, p.52), en donde se reveló que los valores de coliformes totales aumentaron considerablemente debido a la presencia de zonas pobladas aguas arriba, lo que evidenció el impacto generado por descargas directas, especialmente de actividades agropecuarias ubicadas en la zona.

Como menciona la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2005), la escorrentía no es solamente un desperdicio del agua de lluvia que pudo haber contribuido a la producción de cultivos y a reabastecer las aguas subterráneas sino que además, frecuentemente, causa inundaciones o daña los caminos y las tierras agrícolas, erosionando el suelo lleno de material orgánico que a su vez es depositado en el curso de los ríos y estanques aguas abajo.

En cuanto al caudal del río Pichán, este se presentó como uno de los parámetros más fluctuantes a lo largo del monitoreo, debido principalmente al tipo de metodología que se utilizó (flotador), ya que esta no midió la velocidad real del río, sino se ajustó a los tramos rápidos generados por las caídas de agua de los tramos estudiados. Estas variaciones afectaron la relación con ciertos parámetros estudiados como los sólidos suspendidos, coincidiendo con lo mencionado por Manuel Toro (2002) en su estudio sobre Calidad de las aguas de los ríos mediterráneos del proyecto GUADALMED en donde menciona que la concentración de sólidos suspendidos y otros nutrientes dependieron mucho de los arrastres provocados por las crecidas y las aguas de escorrentía en las cuencas tras sucesos de fuertes precipitaciones y variaciones por caídas de agua.

4.2. FACTORES INDICATIVOS DE CONTAMINACIÓN

Las matrices que se crearon para analizar de mejor manera este estudio tuvieron una vital importancia, ya que de esta manera se pudo identificar los puntos críticos de muestreo en donde los resultados representaron un peligro constante en relación con los valores que registraron menores concentraciones, a pesar de que estos no superaron la normativa impuesta por el TULSMA.

El punto que mayor problema representó en este estudio fue el punto de muestreo cuatro (P4) ya que en dicho lugar se encontraba una descarga ilegal de suero lácteo, lo que incrementó considerablemente los valores de DBO y DQO. En este sitio, las diferentes matrices que se realizaron (legislación y ambiental) arrojaron resultados preocupantes, coincidiendo con Valencia y Ramírez (2009), el suero lácteo representa un grave problema para el ambiente al ser este descargado directamente sobre el cauce de los ríos, ya que contiene material orgánica que puede iniciar un proceso de eutrofización si llega a estancarse.

En todos los puntos de muestreo a lo largo del monitoreo se realizó el cálculo del caudal del río Pichán, este sufrió variaciones tanto en el tiempo debido a que se veía directamente influenciado a las condiciones climáticas y a la presencia de sistemas de captación de aguas para riego, estas variaciones en su mayoría no afectaron la química del río, sin embargo al realizar la matriz ambiental del punto más limpio, tomando al punto de referencia inicial (P0) como partida se pudo identificar en todos los parámetros analizados que la carga arrastrada por el río representa una gran influencia aguas abajo, esto se pudo corroborar en el estudio realizado sobre la cuenca del río Tocuyo en Venezuela (Amaro, Coronel, Rodríguez y Romero, 2006), en donde el área de estudio se vio influenciada por su elevado arrastre de sedimentos el cual es representó una de la principales causas de contaminación progresiva del embalse ubicado aguas abajo.

Cabe destacar la presencia de vegetación riparia a lo largo del tramo estudiado sobre el río Pichán, las cuales actuaron como barreras naturales frente a las actividades agropecuarias que se desarrollan en la zona, como mencionan Prant, Rieradevall y Villamarín (2014), la importancia del hábitat y el bosque de ribera debería ser considerado como un aspecto relevante para la gestión y conservación de los ríos en la zona altoandina.

Concluyendo, este estudio logró determinar la calidad del agua del río Pichán, logrando identificar las zonas que mayor conflicto generaron y destacando la capacidad de autotratamiento que posee el cauce del río, relacionando factores clave como el volumen del caudal y la vegetación que se encuentra a los alrededores, los cuales han ayudado a prevenir y conservar de cierta manera la química del agua.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- La línea base sobre el río Pichán utilizando la metodología GEMS/Agua fue logrado gracias a seis monitoreos realizados en seis puntos de control a lo largo de tres meses.
- Se diseñó una metodología por medio de puntos control combinando normativas como la INEN 2176, INEN 2226, RAOHE Anexo 4.
- Se identificó la zona de mayor influencia, la cual fue el punto de control cuatro debido a la presencia de una descarga de suero lácteo.
- Se logró determinar la calidad del agua del río Pichán, identificando las zonas de mayor conflicto y destacando la capacidad de tratamientos naturales que posee el cauce del río.
- Se generó un sistema de matrices FIC que permitió interpretar los resultados de tres diferentes maneras, logrando identificar de esta manera los puntos críticos sobre el tramo del monitoreo.
- Se determinó que el río Pichán posee un tratamiento natural por medio de caídas de agua que generan aireación, choque con rocas bajo la superficie, vegetación riparia que sirve como humedales, así como infiltración hacia aguas subterráneas, por lo que los resultados variaron entre tramos de muestreo, siendo en unos casos inferior a los resultados obtenidos antes o después del tramo muestreado.
- Los lugares en donde la concentración de nitrógeno y fósforo total fue mayor, se pudo determinar por medio del levantamiento en campo que los puntos uno (P1), tres (P3), cuatro (P4) y final (PF) se encontraban en lugares abiertos, sin vegetación a los alrededores y con presencia de

actividades agrícolas y ganaderas, así como lugares de acumulación de escombros como lo fue el caso del punto de muestreo uno, en donde la quebrada el Garrochal era utilizada como botadero al aire libre.

- La presencia de descargas directas, actividades ganaderas cercanas a las riberas del río y un mal plan de saneamiento ambiental generó un alto impacto de coliformes totales sobre el río Pichán, el cual en este estudio aumentó su carga orgánica en un promedio porcentual de 41.267% en relación entre el primer punto de muestreo (P0), con el último (PF).
- La pérdida de caudal en diferentes puntos de control se debió a la presencia de sistemas de riego entre tramos, lo que provocó que las variables se vean afectadas.
- Se identificaron zonas de riesgo ambiental como lo fue el punto de muestreo uno (P1) el cual se ubicó en la quebrada el Garrochal, lugar que era utilizado como botadero al aire libre en donde la acumulación de escombros y desechos pudieron ser un potencial foco de infección y contaminación; de igual manera el punto de muestreo cuatro (P4) se vio afectado por la descarga directa de suero de leche proveniente de las industrias propias de la zona, el cual provocó un aumento del DBO en 2.354,61% y del DQO en 3188,34%, entre el segundo y el tercer monitoreo en ambos casos
- De 252 análisis físico – químicos que se realizaron a lo largo del monitoreo, apenas 24 no cumplieron con los límites impuestos por el Anexo 1 del libro VI del TULSMA, lo que indica que el 90,48% del agua muestreada entre el tramo 17 M 770421 9990203 (UTM) - 17 M 770302 9994845 (UTM) posee una buena calidad del agua.

- La calidad del agua del río Pichán según los resultados obtenidos en este proyecto, reflejaron que esta puede ser utilizada principalmente para actividades de riego agropecuario, o actividades de recreación, tomando en cuenta un previo tratamiento de desinfección para estabilizar los coliformes totales a los límites impuestos por el TULSMA.

RECOMENDACIONES

- La junta parroquial de San Miguel de Nono debería elaborar y ejecutar un plan de saneamiento ambiental en donde se tome en consideración la recuperación de la quebrada el Garrochal y la mitigación de descargas directas de aguas residuales tanto domésticas como industriales sobre el cauce del río Pichán.
- Varios de los resultados obtenidos se vieron afectados por incertidumbres provenientes del área de influencia, especialmente por escorrentías generadas por intensas lluvias. Se recomienda que las diferentes actividades que se desarrollan en los alrededores del río Pichán implementen mayor vegetación riparia como amortiguamiento y sistemas de retención de escorrentía.
- El río Pichán en la actualidad posee una buena calidad del agua, con la elaboración y ejecución de planes de manejo ambiental adecuados que involucren a todos los sectores de la parroquia San Miguel de Nono, este se podrá mantener de esta manera e inclusive mejorarlo, impulsando la calidad ambiental y generando un motor más para fomentar el turismo a la zona.
- Utilizar esta metodología por medio de puntos de control en futuros estudios para el monitoreo de ríos que atraviesen zonas rurales, residenciales e industriales, con el fin de lograr determinar los puntos críticos que se generan sobre un tramo de estudio.

REFERENCIAS

- Agencia de Protección de la Salud y Seguridad Alimentaria. (2004). *Los Nitratos y Los Nitritos y el Agua de Consumo*. Valladolid, España: Junta de Castilla y León
- Agua de Quito. (s.f.). *Sistemas de Captación y Conducción de Agua Potable*. Recuperado el 26 de Noviembre de 2014 de <http://www.aguaquito.gob.ec/captacion>
- Amaro, A., Coronel, J., Rodríguez, D. y Romero, L. (2006). *Caracterización preliminar de los ambientes fluviales en la cuenca del río Tocuyo, vertiente del Caribe, Venezuela*. Caracas, Venezuela: La Salle Editorial
- American Public Health Association. (1999). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. (22^a ed.). Washintong, United States: APHA.
- Arellano, O., Gesundheit, P. y Ortega, L. (2012). *Estudio de la contaminación en la cuenca del río Santiago y la salud pública en la región*. Distrito Federal, México: UCCS
- Azario, R., García, M., Marcó, L. y Metzler, C. (2004). *La turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadas a partir de fuentes superficiales. Propuestas a propósito del estudio del sistema de potabilización y distribución en la ciudad de Concepción del Uruguay*. Montevideo, Uruguay: Universidad de Granada
- Baquero, F., Sierra, R., Ordoñez, L., Tipán, M., Espinoza, L., Ribera, M., Soria, P. (2004). *La Vegetación de los Andes del Ecuador. Memoria explicativa de los mapas de vegetación potencial y remanente de los Andes del Ecuador a escala 1:250.000 y del modelamiento predictivo con especies indicadoras*. Quito, Ecuador: División Geográfica – IGM.
- Cabello, C., Hervás, M. (2001). *Contaminación del agua por nitrógeno y efectos en la salud*. Sevilla, España: Egondi Artes Gráficas S. A.

- Carrillo, V., González, E. y Peñaherrera, C. (2004). *Características físicas y químicas del embalse agua fría (parque nacional Macarao, estado miranda, Venezuela)*. Caracas, Venezuela: Universidad de la Rioja.
- Carrillo, E. y Lozano, A. (2008). *Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola*. Bogotá, Colombia.
- Comisión Administradora del Río Uruguay. (s.f.). *Plan de monitoreo de la calidad ambiental del río Uruguay en aéreas de plantas celulósicas*. Recuperado el 9 de diciembre de 2014 de http://www.caru.org.uy/web/sub_medio_ambiente/plandemonitoreodela calidadambientaldelriouruguay.pdf
- Comunidad Andina. (s.f.). *Prevención de desastres, recuperación de ríos Machángara y Monjas*. Recuperado el 01 de diciembre de 2014 de <http://www.comunidadandina.org/predecan/catalogovirtual/documentos/ecuador/doc02.pdf>
- Decreto Ejecutivo 1215. (1998). Reglamento Ambiental para Operaciones Hidrocarburíferos "RAOH". Quito, Ecuador: Presidencia de la República.
- Del Castillo, L. (2009). *El agua ante nuevos desafíos: actores e iniciativas en Ecuador, Perú y Bolivia*. Lima, Perú: Instituto de Estudios Peruano
- Díaz, C. y Rivera, C. (2004). *Diatomeas de pequeños ríos andinos y su utilización como indicadores de condiciones ambientales*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia
- Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento. (2014). *Programa para la descontaminación de los ríos de Quito*. Recuperado el 2 de diciembre de 2014 de http://www.aguaquito.gob.ec/sites/default/files/documentos/perfil_pdrq_resumen_ejecutivo_tg_Oct2014_1.pdf
- Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. (s.f.). *Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Ucabamba*. Recuperado el 30 de noviembre del 2014 de <http://www.etapa.net.ec/Productos-y->

servicios/Saneamiento/Plantas-de-Tratamiento-de-Aguas-Residuales-Ucubamba

- Esquivel, H. (2008). *Biodiversidad faunística y florística de la cuenca mayor del río Saldaña (subcuenca Anamichú)*. Ibagué, Colombia: Universidad de Tolima.
- Gobierno Autónomo Descentralizado de Pichincha. (2012). *Ríos de la Provincia de Pichincha*. Quito, Ecuador. Ministerio del Ambiente
- Gobierno Autónomo Descentralizado de Pichincha. (2011). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia de Nono 2012 – 2025*. Quito, Ecuador: GADP
- González, C. (2005). *Conservando nuestro suelo: La sedimentación*. Mayagüez, Puerto Rico: Colegio de Ciencias Agrícolas.
- González, F., Hernández, G., López, T. y Pérez, J. (2008). *Alternativas para conocer el comportamiento de la calidad del agua en un tramo del arroyo Guachinango*. La Habana, Cuba: Universidad Agraria de La Habana Fructuoso Rodríguez Pérez
- Guzmán, V. y Narváez, R. (2010). *Línea base para el monitoreo de la calidad del agua de riego en la demarcación hidrográfica del Guayas*. Recuperado el 2 de diciembre de 2014 de <http://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/07/LineaBaseDHG.pdf>
- lida, C. y Shock, C. (2009). *Técnicas para la agricultura sostenible: El dilema del Fósforo*. Oregón, Estados Unidos: Oregon State University.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2015). *Anuario Meteorológico 2012*. Quito, Ecuador: INAMHI
- Isch, E. (2011). *Contaminación de las aguas y políticas para enfrentarla*. Quito, Ecuador: Graphus Graphic Desing.
- Linck, A. y Weemaels, N. (2010). *Hacia una agenda Sudamericana del Agua*. Quito, Ecuador: FES-ILDIS ediciones.
- Meza, L. y Salazar, A. (2014). *Diagnóstico Territorial de la Parroquia de Nono*. Quito, Ecuador.

- Movellán, E. (2004). *Modelado de la cuña salina y del flujo de nutrientes en el tramo estuarino del río Ebro*. Barcelona, España: Universidad de Barcelona
- Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales "MECN". (2010). *Áreas Naturales del Distrito Metropolitano de Quito: Diagnóstico Bioecológico y Socioambiental*. Quito, Ecuador: Nueva Arte.
- Naciones Unidas. (2010). *Agua limpia para un mundo sano*. Recuperado el 26 de noviembre de 2014 de http://www.unwater.org/wwd10/downloads/WWD2010_LOWRES_BROCHURE_ES.pdf
- Norma Técnica Ecuatoriana 2176, Agua, Calidad del agua, Muestreo, Técnicas de muestreo. (1998). Quito, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN.
- Norma Técnica Ecuatoriana 2226, Agua, Calidad del agua, Muestreo, Diseño de los programas de muestreo. (2000). Quito, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN.
- Orbeco Hellige. (2013). *TB200 Portable Turbidimeter User Manual*. Florida, United States.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2005). *Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal, Capítulo 2: Hidrología, arquitectura del suelo y movimiento del agua*. Roma, Italia. FAO Publicaciones.
- Organización de Mundial de la Salud. (1996). *Guías para la Calidad del Agua Potable*. Recuperado el 07 de mayo de 2015 de http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf
- Paredes, P. (2007). *Calidad de las Aguas del Ecuador*. Guayaquil, Ecuador
- Prat, M., Rieradevall, N. y Villamarín, C. (2014). *Caracterización física, química e hidromorfológica de los ríos altoandinos tropicales de Ecuador y Perú*. Quito, Ecuador: CIEDI Universidad de las Américas.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2004). *Guía operativa del sistema de monitoreo de aguas para el Programa de las*

- Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA/Agua*. Ontario, Canadá: PNUMA ediciones.
- Pütz, P. (2010). *Eliminación y Determinación de Fosfato*. Berlín, Alemania: Hach Lange.
- Rodríguez, M., Taboada, M. y Taboada, M. (2007). *Concentración de sólidos en suspensión durante eventos hidrológicos individuales*. Coruña, España: Universidad de A Coruña-
- Sánchez, J. (2001). *El fosforo, parámetro crítico de calidad de agua técnicas analíticas y de muestreo*. Valencia, Venezuela: ABES
- Sanchón, M. (2011). *Contaminación del Agua*. Recuperado el 26 de noviembre de 2014 de <http://ocw.unican.es/ciencias-de-la-salud/salud-publica-y-atencion-primaria-de-salud/otros-recursos-1/lecturas/bloque-iii/Contaminacion%20del%20agua.pdf>
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2013). *Plan Nacional del Buen Vivir, Capítulo V: Planificamos el Futuro*. Quito, Ecuador: SENPLADES.
- Servicio Nacional de Estudios Territoriales. (2012). *Índice de Calidad de Agua General "ICA"*. San Salvador, El Salvador: Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales.
- Sistema de Información Ambiental – Territorial del Pacífico Colombiano. (2010). *Caracterización de una zona de alta montaña como herramienta de proyección para el establecimiento de una figura de conservación en el chocó biogeográfico*. Quibdó, Colombia: ACADESAN.
- Texto Unificado de Legislación Secundaria Medio Ambiental "TULSMA": Libro VI de la Calidad Ambiental: Anexo 2 Descarga de efluentes: Recurso agua. (2003). Quito, Ecuador: Presidencia de la Republica.
- Toro, M. (2002). *Calidad de las aguas de los ríos mediterráneos del proyecto GUADALMED. Características físico-químicas*. Madrid, España: Asociación Española de Limnología.
- Torres, C. (2006). *Procedimiento para la Prueba para la Demanda Química de Oxígeno (DQO)*. Panamá, Panamá: Universidad Tecnológica de Panamá

- Unicef. (s.f.). *Agua, Saneamiento e Higiene: Calidad del Agua*. Recuperado el 30 de agosto de 2015 de http://www.unicef.org/spanish/wash/index_43106.html
- United States Geological Survey. (s.f.). *Water Cycles, spanish version*. Recuperado el 26 de noviembre de 2014 de <http://water.usgs.gov/edu/watercyclespanish.html>
- Universidad Politécnica de Catalunya. (2006). *Técnicas Ambientales Tratamiento de Aguas Residuales, Capítulo 2: Parámetros de Contaminación*. Barcelona, España: UPC Ediciones.
- Valencia, E. y Ramírez, M. (2009). *La industria de la leche y la contaminación del agua*. Puebla. México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
- Varian Inc. (2005). *Cary 50 UV Visible Spectrophotometers User Manual*. Melbourne, Australia
- Wissenschaftlich - Technische - Werkstätten "WTW". (2004). *Manual de Uso y Operación Conductímetro Cond 330i*. Weilheim, Alemania.
- Wissenschaftlich - Technische - Werkstätten "WTW". (2004). *Manual de Uso y Operación Potenciometro pH 330i*. Weilheim, Alemania.
- World Water Council. (2006). *Problemas del Agua en Latinoamérica*. Recuperado el 26 de noviembre de 2014 de http://www.worldwatercouncil.org/fileadmin/wwc/News/WWC_News/water_problems_es_22.03.04.pdf
- YSI Inc. (1999). *YSI 58 Dissolved Oxygen Meter Operations Manual*. Ohio, United States.
- Zimmermann, S. (2013). *Situación del agua en América Latina*. Recuperado el 26 de noviembre de 2014 de http://www.clubderoma.org.ar/documentos/Conferencia_sobre_Agua_en_Ottawa_Sept_2013.pdf

ANEXOS

ANEXO 1

Certificado de calibración y mantenimiento del Oxímetro YSI Model 58

|  | | CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Ciudadela Guayaquil, calle Iero no 21 edif 10 Guayaquil - Ecuador Pbx: 04-2382007 Fax: ext. 403 http://www.elcrom.com mail: ventas@elcrom.com | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------|--|---------------|---------------|------------------|--------|--------|------------|---------------|-----------------|----|------|------|------|
| | | CERTIFICADO No: 796-56-12 | | | | | | | | | | | | |
| IDENTIFICACION DEL CLIENTE | | | | | | | | | | | | | | |
| EMPRESA: EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO (QUITO) | | | | | | | | | | | | | | |
| DIRECCION: PARQUE METROPOLITANO DE LA GUANSULTAGUA - FRENTE A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE BELLAVISTA | | | | | | | | | | | | | | |
| TELEFONO: 02247997 | | | | | | | | | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO | | | | | | | | | | | | | | |
| EQUIPO: | OXÍMETRO | | | | | | | | | | | | | |
| MARCA: | YSI | | | | | | | | | | | | | |
| MODELO/TIPO: | 58 | | | | | | | | | | | | | |
| SERIE: | 06M1657 | | | | | | | | | | | | | |
| CÓDIGO CLIENTE: | OXIL 3 | | | | | | | | | | | | | |
| CÓDIGO ASIGNADO EN ELICROM: | NO ESPECIFICA | | | | | | | | | | | | | |
| UNIDAD DE MEDIDA: | %O ₂ | | | | | | | | | | | | | |
| RESOLUCIÓN: | 0,1 | | | | | | | | | | | | | |
| RANGO: | NO ESPECIFICA | | | | | | | | | | | | | |
| UBICACIÓN: | LAB. AGUAS RESIDUALES | | | | | | | | | | | | | |
| EQUIPOS UTILIZADOS | | | | | | | | | | | | | | |
| CODIGO | NOMBRE | MARCA | MODELO | SERIE | | | | | | | | | | |
| EL.PT.052 | TERMOCRÓMETRO | ATM | HT9214 | NO ESPECIFICA | | | | | | | | | | |
| CALIBRACION | | | | | | | | | | | | | | |
| PROCEDIMIENTO: | GENERAL | | | | | | | | | | | | | |
| LUGAR DE CALIBRACIÓN: | LAB. AGUAS RESIDUALES | | | | | | | | | | | | | |
| TEMPERATURA MEDIA °C: | 18,3 °C | | | | | | | | | | | | | |
| HUMEDAD MEDIA %HR: | 52,7% HR | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>Unidad de Medida</th> <th>Patrón</th> <th>Equipo</th> <th>Corrección</th> <th>Incertidumbre</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>%O₂</td> <td>71</td> <td>72,6</td> <td>-1,6</td> <td>2,13</td> </tr> </tbody> </table> | | | | | Unidad de Medida | Patrón | Equipo | Corrección | Incertidumbre | %O ₂ | 71 | 72,6 | -1,6 | 2,13 |
| Unidad de Medida | Patrón | Equipo | Corrección | Incertidumbre | | | | | | | | | | |
| %O ₂ | 71 | 72,6 | -1,6 | 2,13 | | | | | | | | | | |
| OBSERVACIONES | | | | | | | | | | | | | | |
| La incertidumbre típica de medición se ha determinado conforme al documento EA 4/02 Este certificado no podrá reproducirse excepto en su totalidad sin la aprobación escrita del laboratorio Elcrom Calibración El presente certificado se refiere solamente al equipo arriba descrito al momento del ensayo. CALIBRACION REALIZADA EN REFERENCIA AL %O₂ (OXIGENO) A UNA ALTITUD DE 2797m. SE CALIBRA AL 71% DE O₂ CALIBRACION REALIZADA POR: Walter Guanda. | | | | | | | | | | | | | | |
| FECHA CALIBRACION | | 27-sep-11 | FECHA PRÓXIMA | | | | | | | | | | | |
| AUTORIZADO POR: Ing. Sabino Pineda GERENTE TÉCNICO | | RECIBIDO POR:  RESPONSABLE - CLIENTE | | | | | | | | | | | | |



INFORME DE MANTENIMIENTO

Ciudadela Guayaquil, calle 1era. mz 21 solar 10
Guayaquil - Ecuador Pbx: 04-2282007 Fax: ext. 403
http://www.elicrom.com mail: ventas@elicrom.com

INFORME No: 1810-61-12

IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE

EMPRESA: EMPRESA PUBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO
DIRECCIÓN: PARQUE METROPOLITANO DE LA GUANGÓLTAGUA - JUNTO A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE BELLAVISTA - SECTOR ESTADIO OLMPICO
TELÉFONO: 22347997

IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO

EQUIPO: OXIMETRO
MARCA: YSI
MODELO/TIPO: 58
SERIE: 06M1667-AB
CÓDIGO CUENTE: OXI L2
UBICACIÓN: LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD

PROCEDIMIENTO Y METODOLOGÍA

PROCEDIMIENTO: PUG.EL.01 Mantenimiento de equipos de laboratorio
METODOLOGÍA:

Se realiza mantenimiento preventivo, limpieza interna y externa, chequeo de elementos operacionales, se reviso sensor de oxígeno.

CONDICIONES INICIALES

Equipo sin novedad.

TRABAJO REALIZADO

| | | | |
|---------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Revisión del voltaje de suministro | <input checked="" type="checkbox"/> | Cambio de contactos eléctricos | <input type="checkbox"/> |
| Pruebas de funcionamiento inicial | <input checked="" type="checkbox"/> | Lubricación de partes | <input type="checkbox"/> |
| Revisión de conexiones de suministro | <input checked="" type="checkbox"/> | Verificación de voltajes de fuente | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Desmontaje total del equipo | <input checked="" type="checkbox"/> | Verificación de amperajes | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Desmontaje parcial del equipo | <input checked="" type="checkbox"/> | Verificación de aislamiento | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Limpieza de cubiertas (carcasas) | <input checked="" type="checkbox"/> | Verificación de alarmas | <input type="checkbox"/> |
| Limpieza de partes y piezas mecánicas | <input type="checkbox"/> | Ajuste mecánico | <input type="checkbox"/> |
| Limpieza de partes electrónicas | <input checked="" type="checkbox"/> | Ajuste electrónico | <input type="checkbox"/> |
| Limpieza de contactos eléctricos | <input checked="" type="checkbox"/> | Alineación óptica | <input type="checkbox"/> |
| Limpieza de bases y soportes | <input checked="" type="checkbox"/> | Pruebas de funcionamiento final | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Cambio de cables sulfetados | <input type="checkbox"/> | Entrega de equipo probado al usuario | <input checked="" type="checkbox"/> |

CONDICIONES FINALES

Equipo sin novedad, listo para ser usado.

OBSERVACIONES

REALIZADO POR: Erick Prado

FECHA DE REALIZACIÓN 27-sep-04

AUTORIZADO POR:
Ing. Sabino Pineda
GERENTE TÉCNICO

RECIBIDO POR:
RESPONSABLE CLIENTE

ANEXO 2

Certificado de calibración y mantenimiento del Espectrofotómetro UV – vis Cary

50



Memorando n°. EPMAPS- GOC-IFQ-014-2014
Quito D.M., 22 de diciembre de 2014

PARA: Dr. Edgar Pazmiño
JEFE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA

ASUNTO: INFORME DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL UV-VIS
CARY50

Mediante el presente pongo en su conocimiento que Fielquimec ha dado cumplimiento a la cuarta visita de mantenimiento preventivo del UV-Vis Varian Cary50.

Se han realizado las pruebas posteriores al mantenimiento y se ha constatado que el equipo funciona a entera satisfacción.

Adjunto el reporte de servicio técnico No 2 de diciembre de 2014
Atentamente


Quím. Fabián R Bernal
Coordinador del Área de Aguas Residuales
Laboratorio central de Control de Calidad
F.B.



Av. Mariana de Jesús entre Italia y Alemania | 2994 400 / 2994 500 / 2998 500 / 3954 700 / 3954 800 | www.aguaquito.gob.ec



REPORTE DE SERVICIO TÉCNICO

1. DATOS DEL CLIENTE

Nombre: L3C Cromatografía EPMAPS
Dirección: Planta Tratamiento Bellavista
Contacto: Dr. Fabián Bernal
Teléfono: (593)2 2247-997

2. DATOS DEL EQUIPO Y ACCESORIOS

Equipo # 1: Espectrofotómetro Ultravioleta / Visible
Marca: VARIAN
Modelo: Cary 50Conc
No. Serie: EL07123377
Software: CaryWinUV, versión 3.00

3. SERVICIO REQUERIDO

MT1 Mantenimiento Preventivo.

4. CONDICIONES INICIALES DEL EQUIPO

Operativo / Encendido.

5. DESCRIPCIÓN DE LA SOLICITUD DE SERVICIO

Se solicita el servicio por cumplimiento de plan anual de mantenimiento de equipos.

Se ha solicitado este servicio con anterioridad?

NO:
SI: FECHA: 03 de junio del 2014

6. TRABAJO REALIZADO

1. Limpieza general interna y externa, tarjetas electrónicas y ventiladores.
2. Se elimina polvo y residuos de celda corroída, tanto en compartimento de muestra como en sistema óptico.
3. Se realizan pruebas de verificación de desempeño del equipo (reporte de resultados adjunto).



Empresa Pública
Metropolitana
de Agua Potable
y Saneamiento

7. PARTES Y CONSUMIBLES CAMBIADOS EN EL TRABAJO

| Número de parte | Descripción | Provisto por | Motivo de cambio |
|-----------------|-------------|--------------|------------------|
| N/A | N/A | N/A | N/A |

8. OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:

1. Se recomienda antes de operar el equipo realizar el siguiente procedimiento:
En el programa ALIGN del software restaurar la intensidad de la lámpara haciendo click en la opción ZERO, de ser necesario realizar un RESCALE y finalmente guardar las condiciones presionando en la opción SAVE CONDITIONS.
2. Se recomienda realizar la adquisición del cable de interfase porque el actual se encuentra en mal estado.
3. Las personas encargadas del equipo comunican haber superado problemas en el disco de arranque de la PC durante inicialización del sistema operativo. Al tratarse de un problema recurrente se recomienda tratarlo específicamente con departamento de sistemas de la empresa.

9. PARTES Y CONSUMIBLES RECOMENDADOS ADQUIRIR / CAMBIAR

- Cable de interfase(P/N 110637390).

10. CONDICIONES FINALES DEL EQUIPO

Operativo / Encendido.

Fecha de inicio del mantenimiento: 01 de diciembre del 2014

Fecha de finalización del mantenimiento: 01 de diciembre del 2014

Fecha de finalización del reporte: 02 de diciembre del 2014

Servicio realizado por

Q. A Freddy Sánchez
FIELQUIMEC CIA. LTDA

Servicio aprobado por

Dr. Fabián Bernal
EPMAPS

Quito
DISTRITO
METROPOLITANO

ANEXO 3

Certificado de calibración y mantenimiento del Potenciómetro WTW pH330i

| | | |
|---|---|--|
|  | INFORME DE MANTENIMIENTO Ciudadela Guayaquil, calle 1era intz 21 solar 10 Guayaquil - Ecuador Pbx: 04-2282007 Fax: ext. 403 http://www.elicrom.com mail: ventas@elicrom.com | |
| INFORME N°: 1810-67-12 | | |
| IDENTIFICACION DEL CLIENTE | | |
| EMPRESA: EMPRESA PUBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO | | |
| DIRECCION: PARQUE METROPOLITANO DE LA GUANGÓLTAGUA - JUNTO A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE BELLAVISTA - SECTOR ESTADIO OLIMPICO. | | |
| TELÉFONO: 22247917 | | |
| IDENTIFICACION DEL EQUIPO | | |
| EQUIPO: POTENCIOMETRO | | |
| MARCA: WTW | | |
| MODELO/TIPO: PH330i | | |
| SERIE: 08082306 | | |
| CÓDIGO CLIENTE: PHC10 | | |
| UBICACIÓN: LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD - AGUAS CLARAS - FÍSICO QUÍMICO | | |
| PROCEDIMIENTO Y METODOLOGÍA | | |
| PROCEDIMIENTO: PUG EL 01 | | Mantenimiento de equipos de laboratorio |
| METODOLOGÍA: Desmontaje parcial y total del equipo, limpieza interna y externa, verificación operacional, chequeo del electrodo. | | |
| CONDICIONES INICIALES | | |
| Equipo sin novedad. | | |
| TRABAJO REALIZADO | | |
| Revisión del voltaje de suministro <input checked="" type="checkbox"/> | | Cambio de contactos eléctricos <input type="checkbox"/> |
| Pruebas de funcionamiento inicial <input checked="" type="checkbox"/> | | Lubricación de partes <input type="checkbox"/> |
| Revisión de conexiones de suministro <input checked="" type="checkbox"/> | | Verificación de voltajes de fuente <input checked="" type="checkbox"/> |
| Desmontaje total del equipo <input checked="" type="checkbox"/> | | Verificación de amperajes <input checked="" type="checkbox"/> |
| Desmontaje parcial del equipo <input checked="" type="checkbox"/> | | Verificación de aislamiento <input checked="" type="checkbox"/> |
| Limpieza de cubiertas (carcasas) <input type="checkbox"/> | | Verificación de alarmas <input type="checkbox"/> |
| Limpieza de partes y piezas mecánicas <input checked="" type="checkbox"/> | | Ajuste mecánico <input type="checkbox"/> |
| Limpieza de partes electrónicas <input checked="" type="checkbox"/> | | Ajuste electrónico <input type="checkbox"/> |
| Limpieza de contactos eléctricos <input checked="" type="checkbox"/> | | Alineación óptica <input type="checkbox"/> |
| Limpieza de bases y soportes <input type="checkbox"/> | | Pruebas de funcionamiento final <input checked="" type="checkbox"/> |
| Cambio de cables sulfatados <input type="checkbox"/> | | Entrega de equipo probado al usuario <input checked="" type="checkbox"/> |
| CONDICIONES FINALES | | |
| Equipo operativo. | | |
| OBSERVACIONES | | |
| REALIZADO POR: Erick Prado | | |
| FECHA DE REALIZACIÓN: 23-sep-16 | | |
| AUTORIZADO POR: Ing. Sabino Pineda GERENTE TÉCNICO |  | RECIBIDO POR:  RESPONSABLE - CLIENTE |



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Ciudadela Guayaquil, calle 1era mz 21 solar 10
Guayaquil - Ecuador Pbx: 04-2282007 Fax: ext. 403
http://www.elicrom.com mail: ventas@elicrom.com

CERTIFICADO No: 1810-86-12

IDENTIFICACIÓN DEL CUENTE

EMPRESA: EMPRESA PUBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO
DIRECCION: PARQUE METROPOLITANO DE LA GUANGÚLTAGUA - JUNTO A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE BELLAVISTA - SECTOR ESTADIO OLIMPICO.
TELEFONO: 2247987

IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO

EQUIPO: POTENCIOMETRO
MARCA: WTW
MODELO TIPO: PH330I
SERIE: 08082306
CÓDIGO CLIENTE: PH C 10
UNIDAD DE MEDIDA: pH
RESOLUCIÓN: 0,01
UBICACIÓN: AGUAS CLARAS - CONTROL DE CALIDAD - FÍSICO QUÍMICO

EQUIPOS UTILIZADOS

| CODIGO | NOMBRE | MARCA | MODELO | SERIE |
|-----------|--------------------------|-------|----------------|---------------|
| EL.MR.001 | BUFFER SOLUTION PH 4,01 | HACH | CAT. 2283448 | LOT.: A2033 |
| EL.MR.002 | BUFFER SOLUTION PH 7,00 | HACH | CAT.: 22835-49 | LOT.: A2076 |
| EL.MR.003 | BUFFER SOLUTION PH 10,01 | HACH | CAT.: 2283649 | A2158 |
| EL.PT.011 | TERMOMGRÓMETRO | ATM | HT9214 | NO ESPECIFICA |

CALIBRACIÓN

PROCEDIMIENTO: GENERAL
LUGAR DE CALIBRACIÓN: FÍSICO QUÍMICO
TEMPERATURA MEDIA °C: 18,6 °C
HUMEDAD MEDIA %HR: 46,4% HR

| Unidad de Medida | Patrón | Equipo | Corrección | Incertidumbre |
|--------------------------|--------|--------|------------|---------------|
| pH (potencial hidrógeno) | 4,01 | 3,99 | 0,02 | 0,01 |
| pH (potencial hidrógeno) | 7,00 | 7,03 | -0,03 | 0,02 |
| pH (potencial hidrógeno) | 10,01 | 10,03 | -0,02 | 0,03 |

OBSERVACIONES

La incertidumbre típica de medición se ha determinado conforme al documento EA 4/02
Este certificado no podrá reproducirse excepto en su totalidad sin la aprobación escrita del laboratorio Elicrom Calibración
El presente certificado se refiere solamente al equipo arriba descrito al momento del ensayo.

CALIBRACION REALIZADA POR: Jonathan Castillo

FECHA CALIBRACION 27-sep-11 FECHA PRÓXIMA

AUTORIZADO POR:
Ing. Sabino Pineda
GERENTE TECNICO

RECIBIDO POR:
RESPONSABLE - CUENTE



CERTIFICADO DE MANTENIMIENTO No: 796-67-12

| IDENTIFICACION DEL CLIENTE | | | | |
|---|--|-----------------------|------------------------|--------|
| EMPRESA: | EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO (QUITO) | | | |
| DIRECCION: | PARQUE METROPOLITANO DE LA GUANGUILTAGUA - FRENTE A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE BELLAVISTA | | | |
| TELEFONO: | 02247997 | | | |
| IDENTIFICACION DE LA EMPRESA | | | | |
| EMPRESA: | ELICROM CIA. LTDA. | | | |
| CIUDAD: | Guayaquil | | | |
| DIRECCION: | Ciudadela Guayaquil, calle primera, mz 21 solar 10 | | | |
| TELEFONO: | 2262007 | | | |
| IDENTIFICACION DEL EQUIPO | | | | |
| EQUIPO: | PHMETRO | | | |
| MARCA: | WTW | | | |
| MODELO / TIPO: | 3300I | | | |
| SERIE: | 08082305 | | | |
| CODIGO INSTRUMENTO | PHC 10 | | | |
| UBICACIÓN | LAB. AGUAS CLARAS. | | | |
| OPERACIONES DE MANTENIMIENTO | | | | |
| Formato FO.PEC.02.01-01 | | | | |
| Código | Marca/Modelo | Procedimientos | Categoría del Ejecutor | Hoja |
| PHC 10 | WTW / 3300I | PEC.EL.01 | Externo | 1 de 1 |
| <p>MANTENIMIENTO</p> <p>Limpieza de tarjeta electrónica de unidad central de control. Limpieza de electrodo. Limpieza y verificación de fuente.</p> <p>OBSERVACIONES</p> <p>Equipo puede ser usado.</p> | | | | |
| FECHA DE REALIZACIÓN | | | | |
| FECHA ACTUAL: | 27-sep-14 | FECHA PROXIMA: | | |
| REALIZADO POR: Ricardo Campo. | SUPERVISADO POR: Ing. Sabino Pineda | RECIBIDO POR: | | |
| TECNICO | GERENTE TECNICO | RESPONSABLE - CLIENTE | | |

ANEXO 4

Descripción de los puntos de muestreo

Descarga directa de suero de leche en el punto de control cuatro (P4)



Descargas directas registradas a lo largo del trayecto del río Pichán



Escombros registrados en la quebrada el Garrochal, punto de muestreo uno (P1)



ANEXO 5

Monitoreos realizados sobre el río Pichán



ANEXO 6

Análisis Físico-Químicos realizados en Laboratorio

DQO por medio de oxidación del permanganato de potasio



Sólidos Suspensos



Coliformes Totales



Nitrógeno Total Kjeldahl



Fosforo Total



DBO₅

