



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y  
AMBIENTALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES  
RENOVABLES**

**PROPUESTA DE MANEJO DEL RECURSO HÍDRICO EN BASE A LA  
EVALUACIÓN DE CALIDAD DE AGUA DEL RÍO PIOTER, CANTÓN  
TULCÁN**

**PLAN DE TRABAJO DE TITULACIÓN PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**AUTORA:**

**KATERINE DAYANARA VIZCAINO CADENA**

**DIRECTOR:**

**ING. SANTIAGO CABRERA GARCÍA M.Sc.**

Ibarra – Ecuador

2020



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	0401871264		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Vizcaíno Cadena Katerine Dayanara		
DIRECCIÓN:	Calle A 3-23 y Av. Jaime Roldós		
EMAIL:	kdvizcainoc@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	2270-237	TELÉFONO MÓVIL:	0986425004

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	PROPUESTA DE MANEJO DEL RECURSO HÍDRICO EN BASE A LA EVALUACIÓN DE CALIDAD DE AGUA DEL RÍO PIOTER, CANTÓN TULCÁN
AUTOR (ES):	Katerine Dayanara Vizcaíno Cadena
FECHA: DD/MM/AAAA	16/09/2020
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera en Recursos Naturales Renovables
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Santiago Cabrera MSc.

#### 2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 16 días del mes de septiembre de 2020

EL AUTOR:

(Firma).....  
Nombre: Dayanara Vizcaíno

## **CERTIFICACIÓN**

Ing. Santiago Cabrera Msc., director del Trabajo de Titulación desarrollado por la señorita estudiante Vizcaíno Cadena Katerine Dayanara

## **CERTIFICA**

Que, el Proyecto de Tesis de grado titulado **“PROPUESTA DE MANEJO DEL RECURSO HÍDRICO EN BASE A LA EVALUACIÓN DE CALIDAD DE AGUA DEL RÍO PIOTER, CANTÓN TULCÁN”**, ha sido realizado en su totalidad por la señorita estudiante **Vizcaíno Cadena Katerine Dayanara** bajo mi dirección, para la obtención del título de Ingeniera en Recursos Naturales Renovables. Luego de ser revisada, considerando que se encuentra concluido y cumple con las exigencias y requisitos académicos de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, autorizada su presentación y defensa para que pueda ser juzgada por el tribunal correspondiente.



**Ing. Santiago Cabrera MSc.**  
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

## **AGRADECIMIENTO**

*Primeramente quiero agradecer a mis padres por brindarme su apoyo incondicional a lo largo de este proceso de formación, a la Universidad Técnica del Norte, a la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, a la Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables y a todos los docentes que me impartieron sus conocimientos dentro de las aulas.*

*A mi director de tesis MSc. Santiago Cabrera y asesoras MSc. Tania Oña y MSc. Elizabeth Velarde por haber aportado con sus conocimientos, sugerencias e ideas muy acertadas en la presente investigación.*

***Dayanara***

## **DEDICATORIA**

*El presente trabajo lo dedico a Dios por darme la fortaleza para recorrer este arduo camino, a mi familia que con su esfuerzo, amor, comprensión, sabiduría y apoyo incondicional pude concluir mi carrera profesional.*

*Y de manera especial a mi hijo Aldair que ha sido pieza clave y me ha motivado e inspirado para salir adelante y ser cada vez mejor constituyéndome en el vivo ejemplo de superación para él, a Sebastián que día a día ha estado a mi lado brindándome apoyo y amor.*

*A mis apreciados amigos Edwin, Nixon, Erika, Jhony, Xavier, con los que compartí muchos momentos en este largo caminar, y que por mutuo apoyo brindado logramos concluir nuestros estudios.*

***Dayanara***

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Revisión de Antecedentes o Estado del Arte .....	1
1.2. Problema de investigación y justificación.....	4
1.3. Objetivos .....	5
1.3.1. Objetivo general .....	5
1.3.2. Objetivos específicos.....	5
1.4. Hipótesis de la investigación.....	5
CAPÍTULO II .....	6
2.1. El agua fluvial en zonas altas .....	6
2.1.1. Contaminación del agua .....	7
2.1.2. Calidad del agua.....	7
2.1.3. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos como indicadores de la contaminación y calidad del agua .....	9
2.1.4. Monitoreo de ecosistemas fluviales.....	12
2.1.5. Manejo de recursos hídricos .....	13
2.2. Marco legal.....	14
2.2.1. Constitución de la República.....	14
2.2.2. Ley Orgánica de los Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del agua.....	14
2.2.3. Código Orgánico del Ambiente.....	15
2.2.4. Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización ....	16
2.2.5. Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA).....	16
2.2.6. Plan Nacional de Desarrollo Todo Una Vida .....	16
CAPÍTULO III.....	18
METODOLOGÍA .....	18
3.1. Descripción del área de estudio.....	18
3.2 Métodos.....	20

3.2.1. Identificación las estaciones de muestreo en base a las fuentes de contaminación, uso y aprovechamiento del agua.....	20
3.2.2. Determinación de la calidad del agua del río Pioter mediante parámetros físicos, químicos y microbiológicos .....	21
3.2.2.1. Análisis estadístico .....	24
3.2.3. Elaboración de una propuesta de manejo del recurso hídrico .....	24
3.3. Materiales y equipos .....	24
CAPÍTULO IV .....	26
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
4.1. Identificación de las estaciones de muestreo en base a las fuentes de contaminación, uso y aprovechamiento del agua.....	26
4.2. Determinación de la calidad del agua del río Pioter mediante parámetros físicos, químicos y microbiológicos.....	34
4.2.1. Contaminación física.....	34
4.2.2. Contaminación biológica.....	39
4.2.3. Contaminación orgánica.....	40
4.2.4. Contaminación por nutrientes.....	43
4.2.5. Comparación de los resultados con los Criterios de Calidad Admisibles de la normativa nacional interna .....	45
4.2.5.1. Contaminación física.....	46
4.2.5.2. Contaminación orgánica.....	48
4.2.5.3 Contaminación por nutrientes.....	52
4.2.6. Comparación de los resultados con los Límites Máximos Permisibles de normas internacionales .....	53
4.2.7. Determinación del Índice de Calidad de Agua .....	54
4.3. Elaboración de una propuesta de manejo del recurso hídrico.....	57
CAPÍTULO V .....	63
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	63
5.1. Conclusiones .....	63
5.2. Recomendaciones.....	64
REFERENCIAS .....	66
ANEXOS.....	76

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Escala de clasificación del ICA-NSF.....	23
Tabla 2. Valores relativos asignados a cada variable según el ICA-NSF.....	23
Tabla 3. Materiales utilizados en la toma de muestras en campo y en el procesamiento de información.....	25
Tabla 4. Resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la época seca (ES) y lluviosa (EL) en las seis estaciones (EST) de muestreo .....	33
Tabla 5. Comparación de los resultados con los Criterios de Calidad Admisibles de la normativa nacional interna. ....	46
Tabla 6. Comparación de los resultados con los límites máximos permisibles de agua para consumo humano de la Norma Oficial Mexicana (NOM), Organización Mundial de la Salud (OMS), Agencia de Protección Ambiental (EPA), Estándares de Calidad Ambiental de Perú (ECA), Norma Salvadoreña Obligatoria (NSO). .	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación del Río Pioter.....	18
Figura 2. Diagrama ombrotérmico de la estación meteorológica San Gabriel .....	26
Figura 3. Mapa de uso actual del suelo de las parroquias Chitan de Navarretes y Pioter .....	28
Figura 4. Puntos de descargas de aguas residuales de las Parroquias Chitán de Navarretes y Pioter.....	29
Figura 5. Afluentes del río Pioter.....	30
Figura 6. Concesiones de agua del río Pioter.....	31
Figura 7. Estaciones de muestreo en el trayecto del río Pioter .....	32
Figura 8. Estaciones de muestreo en campo .....	32



Figura 9. Caja de bigotes que expresan los valores de pH en la época lluviosa y época seca (A), y en las seis estaciones de muestreo (B).....	35
Figura 10. Caja de bigotes que expresan los valores de temperatura en la época lluviosa y época seca (A), y en las seis estaciones de muestreo (B) .....	36
Figura 11. Caja de bigotes que expresan los valores de Conductividad en la época lluviosa y época seca (A), y en las seis estaciones de muestreo (B).....	37
Figura 12. Caja de bigotes que expresan los valores de Turbidez en la época lluviosa y época seca (A), y en las seis estaciones de muestreo (B).....	38
Figura 13. Caja de bigotes que expresan los valores de Sólidos Totales Disueltos en la época lluviosa y época seca (A), y en las seis estaciones de muestreo (B)..	39
Figura 14. Caja de bigotes que expresan los valores de <i>E.Coli</i> en la época lluviosa y época seca (A), y en las seis estaciones de muestreo (B).....	40
Figura 15. Caja de bigotes que expresan los valores de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en la época lluviosa y época seca (A), y en las seis estaciones de muestreo (B).....	41
Figura 16. Caja de bigotes que expresan los valores de Oxígeno Disuelto en la época lluviosa y época seca (A), y en las seis estaciones de muestreo (B).....	42
Figura 17. Caja de bigotes que expresan los valores de la Demanda Química de Oxígeno en la época lluviosa y época seca (A), y en las seis estaciones de muestreo (B).....	43
Figura 18. Caja de bigotes que expresan los valores de Nitratos en la época lluviosa y época seca (A), y en las seis estaciones de muestreo (B) .....	44
Figura 19. Caja de bigotes que expresan los valores de fosfatos en la época lluviosa y época seca (A), y en las seis estaciones de muestreo (B) .....	45
Figura 20. Comparación de pH (U de pH) con los Criterios de Calidad Admisibles (CCA) para Riego Agrícola (RA), Consumo Humano (CH) y Descarga de Efluentes a un Cuerpo de Agua Dulce (DCAD) .....	47
Figura 21. Comparación de la Turbidez (NTU) con los Criterios de Calidad Admisibles (CCA) para Consumo Humano (CH) .....	48

Figura 22. Comparación de <i>E.coli</i> (NMP/100ml) con los Criterios de Calidad Admisibles (CCA) para Consumo Humano (CH), Riego Agrícola (RA) y Descarga de Efluentes a un Cuerpo de Agua Dulce (DCAD) .....	49
Figura 23. Comparación de Oxígeno Disuelto (%) con los Criterios de Calidad Admisibles (CCA) para uso de Riego Agrícola (RA).....	50
Figura 24. Comparación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l) con los Criterios de Calidad Admisibles (CCA) para (A) Consumo Humano (CH) y (B) Descarga de Efluentes a un Cuerpo de Agua Dulce (DCAD) .....	51
Figura 25. Comparación de la Demanda Química de Oxígeno (mg/l) con los Criterios de Calidad Admisibles (CCA) para (A) Consumo Humano (CH) y (B) Descarga de Efluentes a un Cuerpo de Agua Dulce (DCAD) .....	52
Figura 26. Comparación de Nitratos (mg/l) con los Criterios de Calidad Admisibles (CCA) para Consumo Humano (CH) .....	53
Figura 26. Valores del Índice de Calidad de Agua (ICA-NSF) de la época lluviosa en las 6 estaciones de muestreo.....	55
Figura 27. Valores del Índice de Calidad de Agua de la época seca en las 6 estaciones de muestreo.....	56
Figura 28. Caja de bigotes que expresan los valores del Índice de Calidad de Agua en la época lluviosa y época seca (A), y en las seis estaciones de muestreo (B)..	57

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y**  
**AMBIENTALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES**  
**RENOVABLES**

**“PROPUESTA DE MANEJO DEL RECURSO HÍDRICO EN BASE A LA**  
**EVALUACIÓN DE CALIDAD DE AGUA DEL RÍO PIOTER, CANTÓN**  
**TULCÁN”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Vizcaíno Cadena Katerine Dayanara

**RESUMEN**

El presente estudio evaluó la calidad del agua del río Pioter ubicado en la provincia del Carchi, Ecuador. La falta de control de las descargas de aguas residuales, la mala distribución del agua y el cambio de uso de suelo, son problemas que no permiten un uso sustentable de este recurso. La presente investigación tuvo como propósito generar una propuesta de manejo del recurso hídrico en base a la evaluación de calidad de agua. Se analizaron parámetros físicos, químicos y microbiológicos tanto en época seca y lluviosa en seis estaciones de muestreo, distribuidas en la parte alta, media y baja del río. Se aplicó el Índice de Calidad de Agua (Brown, 1970). Los resultados obtenidos se compararon con los valores de referencia establecidos en las normativas nacionales e internacionales (Acuerdo Ministerial 097, NOM, OMS, EPA, ECA, NSO). Estos, evidenciaron que en la estación seis (zona baja) en época seca, los parámetros DBO<sub>5</sub> y DQO presentan un incremento de 98.5% y 97.25% con respecto a la época lluviosa respectivamente, y que no cumplen con la normativa, mientras que el resto de los parámetros analizados están dentro de los criterios de calidad admisibles. El parámetro DQO presentó diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre épocas y estaciones de muestreo, por el contrario, el resto de parámetros no presentaron esas diferencias. El agua en la época lluviosa es de calidad “media” en la mayoría de estaciones de muestreo, mientras que, en la época seca en cuatro de las seis estaciones, la calidad del agua es “mala”. Es así que, el uso del agua debe ser restringido en la parte media y baja del río para realizar actividades primarias como consumo de agua y recreación, más aún en la época seca, donde hay una mayor concentración de contaminantes. Para garantizar la mejora de la calidad de agua a partir del punto tres, se sugirió como estrategias de manejo y conservación, principalmente la creación de una planta de tratamiento de aguas residuales y de igual manera sensibilizar y concienciar a los pobladores sobre el uso y aprovechamiento del recurso hídrico a través de capacitaciones.

**Palabras clave:** calidad de agua, parámetros físicos, químicos, microbiológicos, contaminación, manejo.

## ABSTRACT

The present study evaluated the water quality of the Pioter river, located in the province of Carchi, Ecuador. The lack of control of wastewater discharges, poor water distribution and changes in land use are problems that do not allow a sustainable use of this resource. The purpose of this research was to generate a proposal for water management based on the evaluation of water quality at this place. Physical, chemical and microbiological parameters were analyzed both in the dry and rainy season in six sampling stations, distributed in the upper, middle and lower part of the river. The Water Quality Index was applied (Brown, 1970). The results obtained were compared with the reference values established in national and international regulations (Ministerial Agreement 097, NOM, WHO, EPA, ECA, NSO). These showed that in station six (low zone) in the dry season, the BOD<sub>5</sub> and COD parameters show an increase of 98.5% and 97.25% with respect to the rainy season respectively, and these did not comply with the regulations, while the rest of the parameters analyzed are within the admissible quality criteria. The COD parameter showed significant differences ( $p < 0.05$ ) between seasons and sampling stations, on the contrary, the rest of the parameters did not show these differences. Water in the rainy season was of "medium" quality in most sampling stations, while in the dry season in four of the six stations, the quality of the water is "poor". Thus, the use of water must be restricted in the middle and lower part of the river to carry out primary activities such as water consumption and recreation, especially in the dry season, where there is a higher concentration of pollutants. To guarantee the improvement of water quality, starting from point three, it was suggested as management and conservation strategies, mainly, the creation of a wastewater treatment plant and in the same way to sensitize and educate the inhabitants about the sustainable use of water resources through training.

**Keywords:** water quality, physical parameters, chemicals, microbiological, contamination, handling.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. Revisión de Antecedentes o Estado del Arte

A pesar de que América Latina y el Caribe es la región con más elevada disponibilidad de agua dulce a nivel mundial, desde los años noventa la contaminación del agua ha incrementado, especialmente en la mayoría de los ríos de América Latina, donde los parámetros clave (bacteria *E.Coli*, demanda bioquímica de oxígeno, sólidos disueltos totales) de los ríos muestran la contaminación patógena, orgánica y salina. La contaminación patógena afecta aproximadamente un tercio de todos los tramos de los ríos de América Latina, este tipo de contaminación encierra un grupo de bacterias que inciden negativamente en la salud de las personas que usan el agua de estos ríos para sus actividades cotidianas (Fernández, 2009).

La contaminación orgánica causada por la presencia de grandes cantidades de compuestos orgánicos en los cuerpos de agua hace que la descomposición de ciertos compuestos reduzca los niveles de oxígeno disuelto de los ríos, afectando a la fauna acuática (Fernández, Rodríguez, García, Santana y Córdova, 2015). La contaminación salina proveniente de aguas residuales domésticas o en otros casos de vertidos de la minería, afectan directamente al uso del agua para el riego, ya que las altas concentraciones de sales disueltas interfieren en la calidad del líquido vital donde los agricultores que dependen del agua superficial para el regadío podrían verse particularmente afectados. Sin embargo, las aguas altamente salinas se pueden utilizar en cultivos tolerantes a la salinidad y con condiciones buenas de drenaje (Sarabia, Cisneros, Aceves, Durán y Castro, 2011).

Según el informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo (2017), uno de los problemas de salud de las personas y el medio ambiente es provocado por aguas residuales que se vierten al medio ambiente sin un tratamiento previo. Con la certeza de que en los países de bajos recursos solo se trata un 8% de las aguas residuales domésticas, agropecuarias e

industriales, a comparación de los países con altos ingresos donde se trata un 70% de las aguas, la falta de tratamiento de estas aguas repercute negativamente en el medio ambiente y la salud pública, el crecimiento demográfico en las ciudades de los países en desarrollo se volverá un desafío ya que será necesario tratar las aguas residuales por su considerable volumen.

En países de América Latina y el Caribe la contaminación de las aguas superficiales por sustancias químicas y biológicas es un problema grave que cada vez se vuelve más crítico, más aún, si las descargas de aguas residuales se vierten a los ríos sin un tratamiento previo. Además, el consumo de agua al igual que la contaminación de la misma ha aumentado por el incremento de población y consigo han incrementado las actividades productivas excesivamente demandantes de agua, la acelerada explotación del agua (Sardiñas et al., 2006).

En las últimas décadas la cantidad y calidad de los recursos hídricos se ha reducido significativamente en Ecuador, y se prevé que las condiciones empeoren a mediano y largo plazo, debido a que las descargas de aguas residuales, agrícolas e industriales no tienen un tratamiento adecuado previo a ser vertidas en los ríos, lo que constituye la principal fuente de contaminación hídrica en el país (Pazmiño, Zambrano y Coello, 2018). Es así que, la presencia de contaminantes tóxicos en el agua para riego puede representar un problema importante para la agricultura, de tal forma también puede causar efectos nocivos en la salud humana y en la biodiversidad (Mancilla, Ortega, Ramírez, Uscanga, Ramos y Reyes, 2012). En la zona norte del Ecuador la industria lechera y la actividad ganadera ha reemplazado en gran parte a la actividad agrícola, generando mayor producción de leche y con ello el incremento de vertimientos provenientes de las diferentes industrias o pequeñas empresas lecheras. Por tal motivo la contaminación de los ríos más representativos de la provincia del Carchi son el río Mira y río Carchi que se han visto afectados por dichas actividades (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2012).

La cuenca del río Mira se encuentra ubicada al norte del país y cubre áreas de las provincias de Imbabura, Carchi, Esmeraldas y el departamento de Nariño en Colombia, cuenta con una superficie de 10 352 km<sup>2</sup> de los cuales 6684 km<sup>2</sup> corresponden a la parte ecuatoriana (Acero, Enjundia, Surca y Cordero, 2015). El río Pioter es un afluente del río Apaquí, el cual forma parte de la cuenca del río Mira (Acero et al., 2015). Como consecuencia de las actividades antrópicas en las zonas bajas de la cuenca del río Mira se ha evidenciado la concentración de sólidos suspendidos totales que han traspasado los límites permisibles, especialmente en la época lluviosa donde las fuertes lluvias conlleva el arrastre de sedimentos provenientes de las malas prácticas agrícolas a lo largo del río (Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo y Secretaria Nacional del Agua, 2017).

Las fuentes de agua pertenecientes a la cuenca del río Mira se ven afectadas por la presencia de materia orgánica que proviene de las descargas de aguas residuales de los poblados, por tal razón provoca que el uso del recurso hídrico para riego agrícola y consumo humano sean gradualmente afectados. Sin embargo, se ha constatado que existe una recuperación natural de oxígeno disuelto por lo tanto ocasiona el fenómeno de autodepuración, reduciendo los niveles de concentración de materia orgánica (Altamirano, 2013).

Los parámetros físicoquímicos analizados cerca a la ubicación de las estaciones hidrológicas de la cuenca del río Mira cumplen con las normas de calidad físicoquímicas, aunque existen puntos en los que se debe tomar precauciones. Sin embargo el agua que pasa por los poblados y ciudades de la cuenca del río Mira se encuentra contaminada debido a que los ríos se ha convertido en botaderos de basura, lavanderías, etc., específicamente en los ríos San Gabriel y Chota, de acuerdo a los iones indicadores de contaminación en estas zonas el agua está contaminada (INAMHI, 2005). Además, en el río Ambi de la provincia de Imbabura la calidad de agua es buena en el nacimiento del río, mientras que en la parte media la calidad de agua es moderada y en la parte baja del río existen altos

niveles de eutrofización debido a las actividades antrópicas que se realizan en la zona (Rosero, 2016).

## **1.2. Problema de investigación y justificación**

El río Pioter conforma el límite del Cantón Tulcán con el Cantón Montúfar, por lo tanto las descargas de aguas residuales provienen de dos poblados que son la parroquia Pioter y Chitan de Navarretes con 718 y 618 habitantes respectivamente (Instituto Nacional de Economía y Censos, 2010). Estas zonas pobladas aportan a la degradación del medio acuático sumado a otras actividades agropecuarias que modifican la calidad del agua provocando una serie de alteraciones en su entorno. La falta de control de las descargas de aguas residuales es uno de los problemas evidentes en el río, ya que provoca mal olor y modifica las características fisicoquímicas naturales (Duran y Torres, 2006). Otro factor, es la falta de control de las concesiones hídricas y la mala distribución del agua por parte de la Secretaria Nacional del Agua (SENAGUA), ya que provoca que el caudal en la parte baja del río sea deficiente e incide negativamente en la capacidad de autodepuración del río (Weemaels, 2009).

La deforestación y el cambio de uso de suelo en las zonas aledañas al río responde a la necesidad de obtener un acceso al agua para actividades agrícolas y ganaderas, esto aporta de alguna forma a la contaminación del agua ya sea con residuos de agroquímicos o desechos del ganado bovino (Monforte y Cantú, 2009). Como consecuencia de estos factores y considerando que el agua es indispensable para realizar las distintas actividades dentro la localidad, estas actividades se ven alteradas generando una problemática económica y socio ambiental. Todos estos problemas engloban una amplia gama de dificultades cuando se requiere usar el recurso hídrico, y de alguna manera afectan directamente a la calidad de vida de las personas que tienen sus viviendas aledañas al río (Maldonado, 2009).

Surge la necesidad de conocer y evaluar la calidad del agua del río Pioter para que las personas conozcan las condiciones en las que se encuentra, ya que este recurso



es usado para el riego de productos alimenticios y consumo para los animales, no se descarta la presencia de patógenos en el agua que se usa para el riego de los cultivos, y de manera indirecta se pone en riesgo la salud de las personas que consumen los alimentos y también la salud de los animales que se abastecen del líquido vital. Por esa razón es necesario llevar a cabo esta investigación para plantear a los gestores locales estrategias de manejo del recurso hídrico que ayuden a mejorar las condiciones del ecosistema en el trayecto del río Pioter y mejorar así la calidad del agua contribuyendo con ello al beneficio de las localidades aledañas que aprovechan este recurso. Además, el presente estudio servirá como base científica para futuras investigaciones.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

- Generar una propuesta de Manejo del Recurso Hídrico en base a la evaluación de la calidad de agua del río Pioter, Cantón Tulcán.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Identificar las estaciones de muestreo en base a las fuentes de contaminación, uso y aprovechamiento del agua.
- Determinar la calidad del agua del río Pioter mediante parámetros físicos, químicos y microbiológicos.
- Elaborar una propuesta de manejo del recurso hídrico.

### **1.4. Hipótesis de la investigación**

- Hipótesis nula (H<sub>0</sub>): Los niveles de calidad de agua en el río Pioter son similares en todas las estaciones de muestreo y en época seca y lluviosa.
- Hipótesis alternativa (H<sub>1</sub>): Los niveles de calidad de agua en el río Pioter no son similares en todas las estaciones de muestreo, ni entre época seca y lluviosa.

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

El agua al ser un disolvente tanto de compuestos orgánicos como inorgánicos, en ella se puede encontrar sustancias sólidas, líquidas y gaseosas que alteran sus propiedades. A su capacidad de disolver hay que sumar su capacidad para que se desarrolle vida en su entorno, lo que le hace ser un sistema complejo por lo que se debe realizar análisis tanto cualitativos como cuantitativos para conocer el tipo y grado de alteración que ha sufrido, y consigo observar en qué estado se encuentran modificadas sus propiedades para sus posteriores usos (Aznar y Barba, 2014), su estudio proporciona conocimientos para la toma de decisiones en el área de política y de planificación (Lecca y Ruiz, 2014).

#### **2.1. El agua fluvial en zonas altas**

El agua forma parte del organismo humano, actúa directamente en los procesos bioquímicos de la naturaleza debido a sus características fisicoquímicas, de igual manera es considerada un disolvente universal capaz de disolver sustancias con las que tiene contacto (Barrenechea, 2004). El agua es considerada un recurso natural clave e indispensable para el desarrollo social y económico de las comunidades, por lo cual debe ser manejado de manera integrada (Villamagua, 2012). Sin embargo, la disponibilidad de agua dulce afronta las amenazas de contaminación y del crecimiento demográfico (Franek, Koncagul, Connor y Hunziker, 2015) convirtiéndose en uno de los grandes problemas que afecta alrededor del mundo, afectando así a millones de personas y se estima que en los próximos 50 años estos problemas afectarán a prácticamente a todos los habitantes del planeta (Organización Meteorológica Mundial, 1997), los cambios en la disponibilidad y calidad de agua en el tiempo y en el espacio considerando la variación del clima y las necesidades de agua hacen que exista una exigencia de gestión de los recursos hídricos (Bussetini, 2018).

### **2.1.1. Contaminación del agua**

La contaminación del agua es producida por la introducción de sustancias de forma directa o indirecta que modifica su calidad, por lo tanto puede ser perjudicial para la salud de las personas y para los ecosistemas acuáticos (Preul, 1967). La contaminación de los recursos hídricos es un problema que se va agravando cada vez más debido al manejo inadecuado de los residuos domésticos, agropecuarios e industriales. Estas descargas son las responsables de que la calidad del agua natural se modifique de acuerdo al tipo de contaminantes, nivel de contaminación, cinética de las sustancias, materia orgánica y microorganismos que alteran el cuerpo de agua. (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2004). Los contaminantes entran en contacto con el agua a través del suelo, aire y por la propia mano del hombre, así el agua adquiere impurezas y se contamina ocasionando un sin número de perjuicios al ser humano (Lecca, 2013). Pueden ser puntuales y no puntuales o difusos. Las fuentes puntuales son las aguas negras domésticas, incluidos los desechos industriales que van por el alcantarillado. Éstas descargan en un mismo punto de tal forma que pueden ser tratadas antes de ser vertidas. Las no puntuales o difusas son escurrimientos agrícolas y urbanos, que recorren el terreno a través de la escorrentía hasta llegar a un cuerpo de agua. Estas descargas pueden ser incontrolables, poco monitoreables y complicadas de tratar (Interconsulting Bureau, 2017).

### **2.1.2. Calidad del agua**

El agua debe ser protegida, definida, gestionada y tratada de manera íntegra para mantener su calidad ya que es un recurso natural muy escaso, la calidad depende del uso que se le da al recurso hídrico, el agua tiene su propio sistema de depuración para restos naturales, pero en el caso de los residuos antrópicos sus efectos suelen ser desconocidos en la naturaleza y disminuye la capacidad de depuración, esta capacidad se define de acuerdo a los contaminantes que afectan la calidad del agua (Interconsulting Bureau, 2017).

El término calidad de agua es relativo ya que ésta puede considerarse buena o mala dependiendo del uso al que esté sometida, por ejemplo, uso para riego, recreación, consumo humano, entre otros. Por lo tanto, resulta complicado generar una definición compleja de este término por lo que existen sinnúmero de variables y factores que lo determinan y que son usados para describir el estado del recurso hídrico (Campaña y Gualoto, 2015). No obstante, según Chapman (1996) define a la calidad de agua como “una descripción de variaciones espaciales y temporales debidas a factores internos y externos del cuerpo de agua, como concentraciones, especificaciones y particiones físicas de sustancias orgánicas e inorgánicas”.

Para tener una calidad de agua básicamente para consumo humano, evitar y prevenir el contagio de enfermedades gastrointestinales, es necesario establecer límites permisibles en cuanto a las características físicas, químicas, microbiológicas, organolépticas y radiactivas. Es así que, el agua para consumo humano es la que no contiene ningún contaminante objetable, ya sean químicos o agentes infecciosos, y que no provoquen efectos nocivos para la salud humana (Ramos, Sepúlveda y Villalobos, 2003).

Según el Ministerio del Ambiente del Ecuador - MAE (2015) en el Registro Oficial 387 del libro VI del texto unificado de legislación secundaria, la calidad del agua es controlada tomando en cuenta los aspectos físicoquímicos, estableciendo límites permisibles que se muestran en la norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes. Por lo tanto se toma en cuenta los objetivos de calidad dependiendo del uso del agua, donde los criterios aseguran que las actividades se están realizando de forma adecuada y óptima.

Según Prieto, Gonzáles, Román y Prieto (2009) el término calidad de agua se refiere básicamente al grado de salubridad y pureza de esta para el consumo humano, en varios países se ha evidenciado que la actividad agrícola modifica la calidad del agua ya sea superficial siendo el caso de ríos y lagos y del agua subterránea siendo el caso de acuíferos, los contaminantes del agua más importantes relacionados con esta actividad son los nitratos y otros agroquímicos.

De igual manera Beamonte, Casino, Veres y Bermudez (2004) explican que la definición de calidad del agua es de difícil especificación por su complejidad ya que son dos condicionantes de la composición química y biológica de las aguas superficiales específicamente de los ríos y canales. Por una parte, la contaminación natural que es provocada por el arrastre y disolución de sustancias naturales propias de terrenos por donde circula el agua; por otra parte, la contaminación artificial que constituye la recepción de efluentes generados por la actividad humana, urbana, agrícola e industrial. Además, un factor que influye en los aspectos anteriores es el caudal circulante de los ríos que a la vez está influenciado por los estiajes que provocan variaciones en la composición del agua.

Sin embargo, la calidad del agua está afectada por distintos factores como los usos del suelo, la producción industrial y agrícola, el tratamiento que se le da antes de ser vertida a los cuerpos de agua, y a la cantidad del agua de los ríos ya que de eso depende su capacidad de purificación, calidad de agua es el termino ampliamente usado, no obstante, la cuantificación científica resulta muy importante y esta solución es una estrategia básica en el desarrollo de los fundamentos para el manejo de los recursos hídricos (Álvarez, Panta, Ayala y Acosta, 2008).

### **2.1.3. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos como indicadores de la contaminación y calidad del agua**

Los parámetros fisicoquímicos dan una información muy amplia de la naturaleza de las especies químicas y de las propiedades físicas del agua, pero estos no aportan con información acerca de la influencia en la vida acuática, los que si contribuyen con esa información son los métodos biológicos, sin embargo, no señalan nada acerca del contaminante responsable. Por tal motivo muchos investigadores recomiendan la utilización de ambos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para evaluar al recurso hídrico (Orozco, Pérez, Gonzales, Rodríguez y Alfayate, 2005). Es así que, los contaminantes presentes en el agua de manera disuelta e insoluble definen su composición física y química, éstas pueden ser de origen natural o antropogénico (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2004).

Las características físicas del agua inciden sobre las condiciones estéticas y de aceptabilidad del agua. Dentro de los parámetros físicos más importantes están: La turbiedad que se produce por las partículas en suspensión o coloides (limo, arcilla, tierra dividida finamente, etc.) que están presentes en el agua afectando su estética y evitando el paso de luz a través del agua (Ministerio de Salud Pública del Ecuador – MSP, 2004). Además, los sólidos totales que se encuentran disueltos o suspendidos en el agua, las sustancias disueltas definen su color u olor y cuando forman sistemas coloidales causan la turbiedad neta del agua; de manera suspendida las partículas se sedimentan cuando el agua está en reposo (Carrasco, 2011).

El color del agua se origina por diferentes causas; descomposición de materia orgánica, materia orgánica del suelo, presencia de metales, o por la combinación de estos procesos, también influyen factores como la temperatura, pH, tiempo de contacto, materia disponible y la solubilidad de los compuestos coloreados. (Orellana, 2005). De igual manera, el olor puede ser un indicativo de presencia o ausencia de sustancias contaminantes (Jiménez, 2000). Igualmente, los cambios de temperatura afectan a la solubilidad de sales y gases en el agua, también a sus propiedades químicas y microbiológicas. Los procesos biogeoquímicos se ven afectados por el aumento de la temperatura alterando la calidad del agua y también reduce la concentración de oxígeno disuelto que afecta a la biodiversidad (García, Carvajal y Jiménez, 2007). Finalmente, el pH que puede alterar la biodiversidad y las reacciones químicas dentro de los ecosistemas acuáticos. Interviene además en procesos como la corrosión y las incrustaciones en las redes de distribución e influye en el transcurso de tratamiento de agua (Pérez, 2016).

El agua al ser un disolvente universal puede contener diferentes elementos químicos. Dentro de los parámetros químicos del agua se destacan los siguientes: aceites y grasas, que están presentes en el agua, la mayoría insolubles, causan problemas a la hora de la depuración disminuyendo la capacidad de los microorganismos encargados de la biodegradación, éstos aceites y grasas

modifican la estética del recurso hídrico en cuanto al olor, sabor y apariencia (García, 2012).

La fuente de contaminación por nitrógeno y fósforo es de carácter antrópico donde la escorrentía juega un papel importante en cuanto al transporte de sustancias hacia los cuerpos de agua. La excesiva presencia de estos compuestos en el agua provoca la eutrofización de los sistemas acuáticos (García et al., 2007). Así también, los sulfatos generan un impacto en el agua por la acumulación de éstos con otros gases que provocan la degradación de materia orgánica en condiciones anaerobias y consigo el deterioro del hormigón principalmente en las alcantarillas (García, 2012).

El Oxígeno disuelto (OD) indica el estado de salud de los cuerpos de agua (Demetracopoulos y Heinz, 1983). Por lo general, una oscilación de OD, cerca de la saturación, con la variada temperatura y metabolismo diurnos, implica que los cuerpos de agua están sanos. En cambio, una marcada depresión de OD, debajo de la saturación, muestra que en el agua hay una excesiva cantidad de nutrientes provenientes de fuentes no puntuales (Wang, Hondzo, Xu, Poole y Spacie, 2003). Además, la demanda bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ) es un indicador muy significativo a la hora de medir la contaminación en aguas residuales para evaluar el consumo de oxígeno por parte de los microorganismos y el impacto de la fauna acuática (Lecca y Ruiz, 2014). A su vez, la demanda química de oxígeno (DQO) es la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar la materia orgánica presente en el agua residual, es importante evaluar este componente ya que ayuda a controlar la contaminación mediante la normativa (García et al., 2007).

Existen especies acuáticas microscópicas (virus, bacterias, protozoos y helmintos) que están presentes en el agua, que provienen de los vertidos de aguas residuales urbanas e industriales (Ríos, Agudelo y Gutiérrez, 2017). La vigilancia del estado de calidad del agua, se lleva a cabo mediante la detección de bacterias indicadoras de contaminación, organismos coliformes de origen fecal como *Escherichia coli*, que normalmente habitan en el intestino humano o animal, lo cual los convierte en

excelentes indicadores de la presencia de microorganismos entéricos patógenos como los causantes de enfermedades como el cólera, fiebre, tifoidea, hepatitis entre otras, y que contribuyen al desequilibrio ecológico de los recursos hídricos (Rivera, Rodríguez y López, 2009). Los indicadores fecales tales como E. coli mueren en aguas templadas, debido a diferentes factores como temperatura, la disponibilidad de nutrientes y la depredación por protozoos y en aguas tropicales numerosos estudios han mostrado resultados cuestionables en cuanto a la factibilidad de utilizar estos microorganismos para el monitoreo de la calidad de las aguas donde las condiciones de temperatura, radiación solar, elevadas concentraciones de nutrientes y la gran diversidad microbiana hace que el ambiente en los trópicos sea diferente comparado con las regiones templadas, por lo que se sospecha que los indicadores fecales proliferan en aguas tropicales y que son detectados a niveles que no reflejan la extensión original de la contaminación fecal (Larrea, Rojas, Romeu y Heydrich, 2013).

#### **2.1.4. Monitoreo de ecosistemas fluviales**

Para caracterizar un agua es necesario extraer muestras, para lo cual se debe recolectar una pequeña porción de esta, que represente lo mejor posible su calidad en el lugar y en el momento de obtención de la misma, las muestras deben ser homogéneas y representativas (Olmos, 2003). Se debe considerar que la toma de muestras se la realiza en puntos que ofrecen fácil acceso, seguridad, representatividad y también que exista un flujo permanente de agua y el muestreo se debe realizar en época seca y lluviosa abarcado un ciclo climatológico completo Caho y López (2017). Además, en la selección de los puntos o estaciones de muestreo se debe considerar la ocurrencia de procesos que afecten la calidad del agua y su influencia o alguna otra condición particular tal como: el uso del agua, las confluencias, descargas de aguas residuales y captaciones importantes en el río (United States Environmental Protection Agency, 1996).

Los envases a usar deben ser compatibles con los parámetros que se van a analizar, siempre que sea posible utilizar envases nuevos esterilizados, los cuales deberá enjuagar tres veces con el agua antes de tomar la muestra (Department of



Environment and Science, 2018). Es así que, la toma de muestra en el agua no involucra solamente el proceso de obtenerla físicamente, sino también el de caracterizar el ambiente del cual fue tomada y el manejo de la misma para cumplir con los objetivos planteados (Holguín, Rubio, Olave, Saucedo Gutiérrez y Bautista, 2006). Posteriormente, la persona encargada del muestreo es responsable de iniciar la cadena de custodia y etiquetas en los envases, una vez tomada la muestra se debe identificar inmediatamente la muestra con algún código tanto en los envases como el recipiente en el que serán almacenados que permita identificar de manera inequívoca las muestras a la hora de ser entregadas al laboratorio (Nava, 2011).

#### **2.1.5. Manejo de recursos hídricos**

El manejo de los recursos hídricos se enfoca en las necesidades que tiene la población de solucionar problemas ambientales, específicamente en torno al uso, control, preservación y conservación de estos recursos. Por lo tanto, se debe tomar decisiones y manejar los recursos hídricos de acuerdo a las necesidades de los usuarios pero respetando la calidad del agua para garantizar su sostenibilidad (Lord y Morris, 1996).

Van Hofwegen y Jaspers (2000), afirman que los principales problemas de acceso al agua son porque no están sujetos a ningún límite, por lo tanto la tasa de utilización afecta considerablemente a la cantidad destinada al uso. Entre otras problemáticas de interés público está el proporcionar agua de calidad a todos y en las mismas cantidades, donde el costo ambiental termina siendo muy alto. Las acciones ante estos problemas deben encaminarse a la creación o cambio de las reglas que gobiernan el manejo y uso del agua, asimismo, es necesario actuar en el campo de las políticas y legislación ya que pueden solucionar problemas del uso y control del agua. Es necesario tomar en cuenta los principios generales para la ejecución de actividades en el sector hídrico, mediante incentivos, controles regulatorios y educación pública para lograr el uso sostenible del agua.

Con el fin de controlar la contaminación es necesario la aplicación de instrumentos regulatorios y económicos que permitan el control de vertidos en base a las normas técnicas, la aplicación del principio contaminador- pagador, la vinculación entre el manejo de los recursos hídricos con otros recursos naturales en torno a las cuencas hidrográficas, fomentar programas de acción en base a las problemáticas con el fin de proteger los sistemas hídricos y con ello la protección de todo el medio ambiente (Aguilar, López, Flores y Morgan, 1999).

## **2.2. Marco legal**

De acuerdo al orden jerárquico establecido en el Art 425 de la constitución del Ecuador, las leyes que amparan a los recursos hídricos se describen a continuación.

### **2.2.1. Constitución de la República**

El Art. 12 se refiere a que el agua es de uso público y esencial para la vida.

El Art. 318 se refiere a la gestión, saneamiento y abastecimiento de agua potable y riego que serán prestados únicamente por personas jurídicas estatales o comunitarios.

El art. 411 se refiere a que el estado garantizará la conservación, recuperación, y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos.

### **2.2.2. Ley Orgánica de los Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del agua**

El Art. 15 se refiere al conjunto de procesos, entidades e instrumentos que permiten la interacción de los diferentes actores para organizar y coordinar la gestión integral de los recursos hídricos. (...)

El Art. 57 se refiere al derecho humano al agua limpia, suficiente, salubre, aceptable, accesible y asequible para consumo humano. (...)

En el Art. 64 se refiere a los derechos de la naturaleza en cuanto a la conservación del agua.

El art 86 se refiere al orden de prelación de los destinos del agua.

El Art. 87 se refiere a los tipos y plazos de autorizaciones, donde la autorización para riego, acuicultura y abrevadero de animales para garantizar la soberanía alimentaria (...)

El art. 111 se refiere a la protección en fuentes de agua donde la autoridad del agua y ambiental nacional garantizarán la conservación y el equilibrio de los ecosistemas de las fuentes de agua.

Los Art. 149, 150, 160, 161 y 162 se refieren a las infracciones, sanciones, multas y remediación.

### **2.2.3. Código Orgánico del Ambiente**

Los Art. 26 y 27 se refieren al control del cumplimiento de los parámetros ambientales y la aplicación de normas técnicas del agua, suelo, aire y ruido por parte de las facultades de los gobiernos autónomos descentralizados. (...)

El Art. 30 de los objetivos del estado en cuanto a la conservación de la biodiversidad. En coordinación con la Autoridad Única del Agua se debe adoptar un enfoque integral y sistémico para la conservación y el uso sostenible de cuencas hidrográficas y recurso hídricos. (...)

El Art. 38 de los objetivos del sistema nacional de áreas protegidas se refiere a mantener la dinámica hidrológica de las cuencas hidrográficas y proteger los cuerpos de agua superficiales y subterráneos.

El Art 196 se refiere al tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales donde los gobiernos autónomos descentralizados deberán fomentar el tratamiento de estas aguas con el fin de reutilizarla siempre y cuando recuperen el nivel de cualitativo y cuantitativo de acuerdo la normativa técnica. (...)

#### **2.2.4. Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización**

Art. 133 se refiere al ejercicio de la competencia de riego donde los gobiernos autónomos descentralizados provinciales son los encargados de planificar, construir, operar y mantener sistemas de riego. (...)

De la misma forma el Art. 136 se refiere a las competencias de gestión ambiental. Los gobiernos autónomos descentralizados municipales establecerán sistemas de gestión integral de desechos con el fin de eliminar los vertidos contaminantes en los ríos. (...)

#### **2.2.5. Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA)**

Se encuentra inmersa la norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua; se debe tomar en cuenta los criterios de calidad de aguas para consumo humano y doméstico tomando en cuenta la Tabla 1 de uso para consumo humano y doméstico, de igual manera la Tabla 3 de uso agrícola o de riego y las normas para descarga de efluentes a un cuerpo de agua dulce presentes en la Tabla 9.

#### **2.2.6. Plan Nacional de Desarrollo Todo Una Vida**

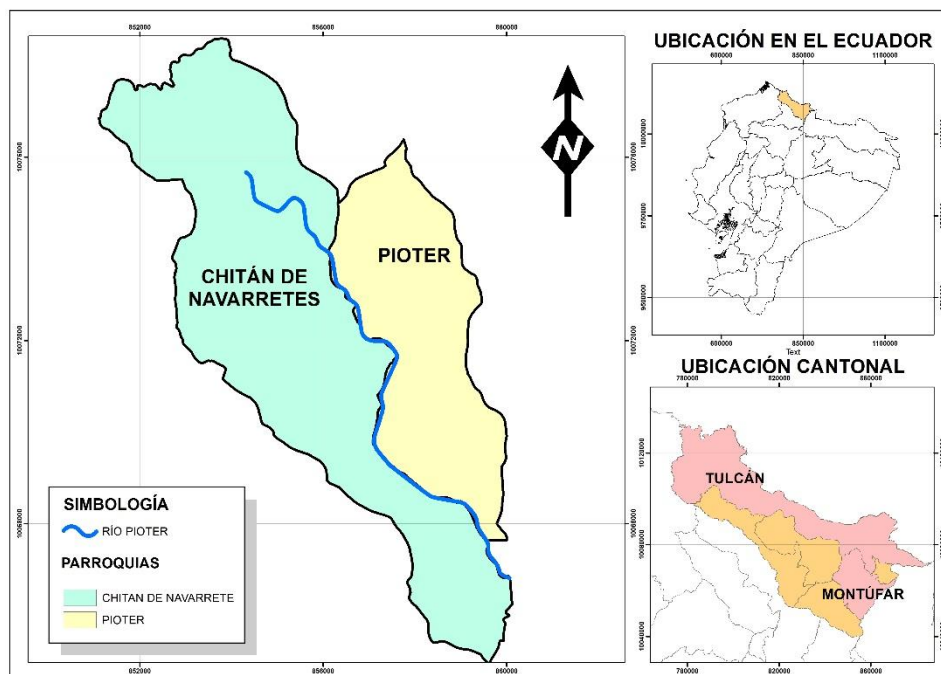
El Objetivo 1 se refiere al agua como uno de los servicios sociales más importantes y prioritarios, el acceso y la calidad de este recurso para el consumo humano, saneamiento, producción y sistemas de riego.

Así mismo, una de sus políticas es garantizar el acceso, uso y aprovechamiento del agua, la protección de fuentes, la universalidad, disponibilidad y calidad para consumo humano, saneamiento y el desarrollo integrado de sistemas de riego.

## CAPÍTULO III METODOLOGÍA

### 3.1. Descripción del área de estudio

La parroquia Pioter está ubicada en el sector septentrional del país al noroeste de la provincia del Carchi y al suroeste del Cantón Tulcán (Figura 1). El agua que abastece a la parroquia Pioter proviene específicamente de la quebrada y río Pioter, la cual alimenta al río San Pedro, que posteriormente constituye una parte de la subcuenca del río Cuasmal, formando parte del río Apaquí, que a su vez es un afluente del río Mira. El río Pioter nace desde los páramos conformando también la quebrada de Pioter, esta zona es de gran importancia hídrica, que a lo largo de su recorrido aporta considerablemente a la producción agrícola y ganadera mediante la dotación de agua para cultivos y abrevaderos, y también forman un gran aporte al sistema de riego del cantón Montufar (GAD Pioter, 2016).



**Figura 1.** Mapa de ubicación del Río Pioter  
ICA

El río Pioter de 12.607 km de longitud, conforma el límite de las parroquias Pioter y Chitán de Navarretes al suroeste del Cantón Tulcán en la provincia del Carchi (GAD Pioter, 2016). La extensión territorial de la parroquia Pioter es de 17.81 km<sup>2</sup>, que representa el 0.98 % del área total del cantón Tulcán. La parroquia posee una población de 718 personas (INEC, 2010). La parroquia Chitán de Navarretes posee 618 habitantes, está ubicada en las Cordilleras Occidental y Central de los Andes, su altitud es de 2800 m s.n.m. La temperatura oscila entre los 12 y 15 °C, la precipitación mínima en la parroquia es de 1000 mm y la máxima 2000 mm. En cuanto a las formaciones vegetales de la parroquia se destacan los matorrales húmedos, el bosque siempre verde y el páramo de frailejones (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquia Rural Chitán de Navarretes, 2015).

Según la ordenanza con la que se crea la parroquia Pioter los límites son: por el Oriente, la quebrada Tanguéan, desde el punto de nacimiento de la quebrada hasta el punto denominado San Luis, desde este punto siguiendo la carretera de segundo orden en el páramo hasta el punto denominado “Agua Amarilla” de aquí aguas arriba por la quebrada Santo Tomás hasta su nacimiento, lindero con Tulcán. Desde este punto empieza el punto de nacimiento a pocos metros nace la quebrada San Pedro límite con la parroquia Chitán de Navarrete (Montúfar), aguas abajo hasta el punto denominado San Luis en el cruce de la Panamericana. (GAD Pioter, 2016).

La parroquia Pioter posee una temperatura que oscila entre los 6°C a 12°C, con una precipitación promedio de 1250 mm a 2000 mm/año. En la parroquia se encuentran pisos climáticos Ecuatorial frío de montaña, sobre los 2900 m s.n.m. con una temperatura media anual entre 6°C y 10°C y ecuatorial mesotérmico semi-húmedo, en la zona interandina inferior a 2900 m s.n.m. donde la temperatura varía entre 8°C y 12°C. (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2014).

En cuanto a la flora se encuentra el rosetal caulescente y Herbazal del páramo (frailejones) y bosque nativo. La fauna (venado, cusumbo, armadillo, erizo, lobo,

zorro, cabra, pava de monte, raposas, gavián, entre otras) se encuentra en el bosque siempre verde montano alto en el Norte de la cordillera oriental de la parroquia (GAD Pioter, 2016).

## **3.2 Métodos**

A continuación se detallan los métodos que se aplicaron para cumplir con los objetivos planteados.

### **3.2.1. Identificación las estaciones de muestreo en base a las fuentes de contaminación, uso y aprovechamiento del agua**

En primer lugar, se realizó un diagrama ombrotérmico para identificar la época seca y lluviosa tomando en cuenta datos de precipitación y temperatura desde el año 1962 hasta el año 2009, de la estación meteorológica San Gabriel, dicha estación es la más cercana al área de estudio. La toma de muestras se realizó en dos épocas para conocer en qué estado se encuentra el recurso hídrico bajo diferentes factores climáticos. Una vez identificadas la época seca y época lluviosa se realizó el reconocimiento del lugar los días seis y siete de abril de 2019 aplicando la técnica de observación directa propuesta por (Torres, Salazar y Paz, 2019), en las salidas de campo se identificaron los principales focos de contaminación, que son las diversas actividades que se realizan en la zona destacando a las actividades productivas (agricultura y ganadería). También, se identificaron las descargas directas de aguas residuales que provienen de las parroquias Chitán de Navarretes y Pioter. Además, en el software ArcGis 10.4 se elaboró un mapa de uso de suelo con el fin de conocer de forma integral las áreas de contaminación directas e indirectas hacia el río provenientes de ambas parroquias, se determinó la actividad que predomina en la zona considerando que dicha actividad afecta potencialmente a la calidad del recurso hídrico. De igual manera, se identificaron los usos que le dan al agua mediante las concesiones que existen en el río Pioter. Finalmente, se identificó los sitios accesibles hacia el río y se estableció las estaciones de muestreo.



### **3.2.2. Determinación de la calidad del agua del río Pioter mediante parámetros físicos, químicos y microbiológicos**

En campo, se realizó un muestreo simple tomando en cuenta la cadena de custodia que consistió en tomar muestras en un tiempo y lugar específicos una sola vez, reflejándose de esta forma las condiciones del medio en un momento concreto, a la vez, se consideró la distancia desde la orilla hasta la mitad del río donde se tomó la muestra, procurando no remover el fondo y evitando así los remansos y zonas de estancamiento (Ramos, 2003). Para la toma de muestras se utilizó envases plásticos de 200 ml para los análisis microbiológicos y envases de 1 litro para los análisis fisicoquímicos. Para lo cual se empezó lavando los envases con la misma agua del río y se procedió a llenar los envases dejando un espacio en cada uno. Posteriormente, se etiquetó los envases con el número de muestra, fecha, nombre del colector de la muestra y las coordenadas o puntos GPS de cada estación, esto se realizó en cada estación de muestreo lo cual garantizó la obtención de resultados óptimos y confiables de los análisis.

La toma de muestras de la época lluviosa se la realizó el 30 de abril, y de la época seca el 13 de agosto, se tomó datos in situ con la ayuda de un multiparámetro de los siguientes parámetros: pH, temperatura, conductividad y oxígeno disuelto. Posterior a ello, en los mismos días de la toma de datos se enviaron al laboratorio de la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ibarra (EMAPA-I) un total de 12 muestras de agua, seis se destinaron para los análisis fisicoquímicos y seis para microbiológico. En laboratorio se analizaron los siguientes parámetros fisicoquímicos: Demanda Química de Oxígeno (DQO) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), nitratos, fosfatos, turbidez, y sólidos totales disueltos; y microbiológicos: coliformes fecales (CF). Cinco días después de la entrega de muestras al laboratorio se obtuvieron los resultados de los análisis. Los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos se sometieron a una comparación con las tablas de la norma de calidad ambiental y de descargas de efluentes al recurso agua: calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico, calidad de aguas de uso agrícola o de riego y

límites de descarga de efluentes a un cuerpo de agua dulce, tablas expuestas en el Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente- TULSMA (MAE, 2015).

Se aplicó el Índice de Calidad de Agua (ICA) propuesto por Brown et al. (1970) que es una versión modificada del *Water Quality Index* (WQI), que fue desarrollada por la Fundación de Sanidad Nacional de EE.UU. (NSF), para conocer el grado de contaminación en cada estación de muestreo. Este índice combinó matemáticamente a todas las medidas de calidad de agua y de esa manera se tuvo una lectura global y entendible de los aspectos que posee un cuerpo de agua contaminado, siendo este uno de los índice más utilizados (Fernández y Solano, 2005). Para aplicar el ICA se tomó en cuenta varios aspectos que se basan en el promedio aritmético ponderado de nueve variables y se determinó por la siguiente ecuación.

$$ICA = \sum_{i=1}^{i=n} Q_i W_i \quad (1)$$

Dónde:

**W<sub>i</sub>:** Representa el factor de importancia o ponderación de la variable *i* respecto a las restantes variables que conforman el índice.

**Q<sub>i</sub>:** corresponde con el factor de escala de la variable, depende de la magnitud de la variable y es independiente de las restantes.

**i:** Representa la variable o parámetro considerado.

El valor de Q<sub>i</sub> se estimó a partir de funciones de calidad, expresadas a partir de ecuaciones o curvas para cada variable con el objetivo de transformar los valores de las variables a una escala adimensional en razón de su expresión en diferentes unidades (mgL-1, %, unidades, etc.) para su fácil aplicación. El Índice de Calidad de Agua adopta un valor máximo de 100 que va disminuyendo de acuerdo al aumento de contaminación del agua. Posterior al cálculo el ICA se clasificó de la siguiente forma (Tabla 1).

**Tabla 1.** Escala de clasificación del ICA-NSF

Calidad del agua	Valor del ICA
Excelente	91-100
Buena	71-90
Media	51-70
Mala	26-50
Muy mala	0-25

**Fuente:** Quiroz, Fernández y Menéndez (2017). *Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador*, p.41-51.

Es así que, las aguas con ICA mayor a 90 son capaces de poseer una alta tasa de biodiversidad acuática y el agua tendría un uso de contacto directo con ella, por ejemplo actividades recreativas como natación, buceo y baños medicinales. Las aguas con un ICA “Regular” por lo general tiene menos diversidad de organismos acuáticos y por ende es notorio el crecimiento de algas. Por otra parte, las aguas con un ICA “Mala” usualmente existe una tasa baja de biodiversidad acuática por lo que hay presencia de contaminantes. Las aguas con un ICA “Pésima” poseen un número limitado de especies acuáticas por lo que las actividades de contacto primario estarían restringidas en este tipo de aguas. Para la aplicación del ICA se usan los pesos asignados a cada variable (Tabla 2). Según Gonzáles et al. (2013).

**Tabla 2.** Valores relativos asignados a cada variable según el ICA-NSF

PARÁMETRO	PESO
Coliformes fecales (CF)	0,15
Potencial de hidrogeno (pH)	0,12
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	0,1
Nitratos (NO <sub>3</sub> -1)	0,1
Fosfatos (PO <sub>4</sub> -3)	0,1
Cambio de la temperatura	0,1
Turbidez	0,08
Sólidos totales disueltos (SDT)	0,08
Oxígeno disuelto (OD)	0,17

**Fuente:** Quiroz, Fernández y Menéndez (2017). *Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador*, p.41-51.

### **3.2.2.1. Análisis estadístico**

El muestreo se realizó tanto en época seca y lluviosa. Para lo cual, se efectuó una Prueba t de Student con los datos paramétricos para examinar las diferencias entre dos muestras en este caso entre las estaciones de muestreo, se consideró esta prueba ya que el tamaño de la muestra es pequeña y los datos tienen una distribución normal. Para esto, se empezó organizando y estandarizando los datos a logaritmo natural antes de ingresar al software estadístico InfoStat, se tomó en cuenta los valores para cada época en cada sitio o estación de muestreo. Así también se realizó un Análisis de Varianza (ANOVA) para constatar de que por lo menos una estación es diferente a las demás estaciones de muestreo. Además se realizó gráficos de cajas (Box-Plot) para tener una mejor lectura de los datos. Cabe recalcar que la aplicación de estos análisis estadísticos en la mayoría de parámetros no se mostró diferencia a pesar de que existen valores que son altos respecto a otros, esto se asocia a que no hay un número considerable de datos por lo que el programa no muestra diferencia, pero si tenemos una lectura directa de los datos o resultados de cada parámetro se puede observar una diferencia entre valores pero estadísticamente no la hay.

### **3.2.3. Elaboración de una propuesta de manejo del recurso hídrico**

Para la elaboración de la propuesta de manejo se tomó en cuenta los resultados de los dos objetivos anteriores, la propuesta de manejo se basó en programas que engloban aspectos de conservación, protección y mitigación del recurso hídrico, lo cual es relevante y prioritario para la comunidad. Se consideró la Estrategia Nacional de Calidad del Agua que tiene como objetivo mejorar y proteger la calidad del agua para el uso y aprovechamiento adecuado, con fuentes de agua protegidas y controlando la contaminación del recurso hídrico.

### **3.3. Materiales y equipos**

Los materiales y equipos utilizados durante la fase de campo y en el procesamiento de información, se muestran a continuación.

**Tabla 3.** Materiales utilizados en la toma de muestras en campo y en el procesamiento de información

<b>MATERIALES DE CAMPO</b>		<b>MATERIALES DE OFICINA</b>
Multiparámetro	Lápiz	Computadora portátil hp
Cámara fotográfica	Envases de plástico	Impresora
GPS	Guantes	Resmas de papel
Libreta de campo	Transporte	Marcadores
Botas	Papel pH	Sujetador de papel
Marcador impermeable	Cooler	Software ArcGIS 10.4

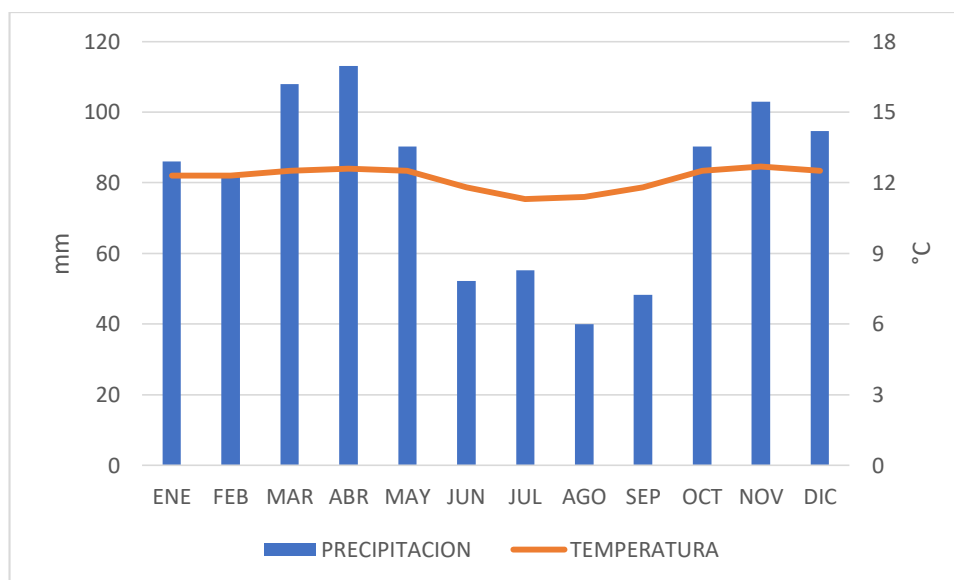
## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se muestran los resultados obtenidos en el desarrollo de esta investigación, donde se determinó la calidad de agua del río Pioter.

#### 4.1. Identificación de las estaciones de muestreo en base a las fuentes de contaminación, uso y aprovechamiento del agua

El diagrama ombrotérmico realizado previamente demuestra que las parroquias Pioter y Chitán de Navarretes poseen un clima mesotérmico, con una temperatura media anual de 12.18 °C, y una precipitación anual de 94.6 mm. Así, se determinó que la época lluviosa es durante los meses de marzo y abril ya que presentan mayor precipitación de 107.9 y 113 mm respectivamente en comparación al resto de meses. Por otra parte, se determinó que la época seca es durante los meses de agosto y septiembre ya que presentan menor precipitación con 40 y 48.3 mm respectivamente (Figura 2).



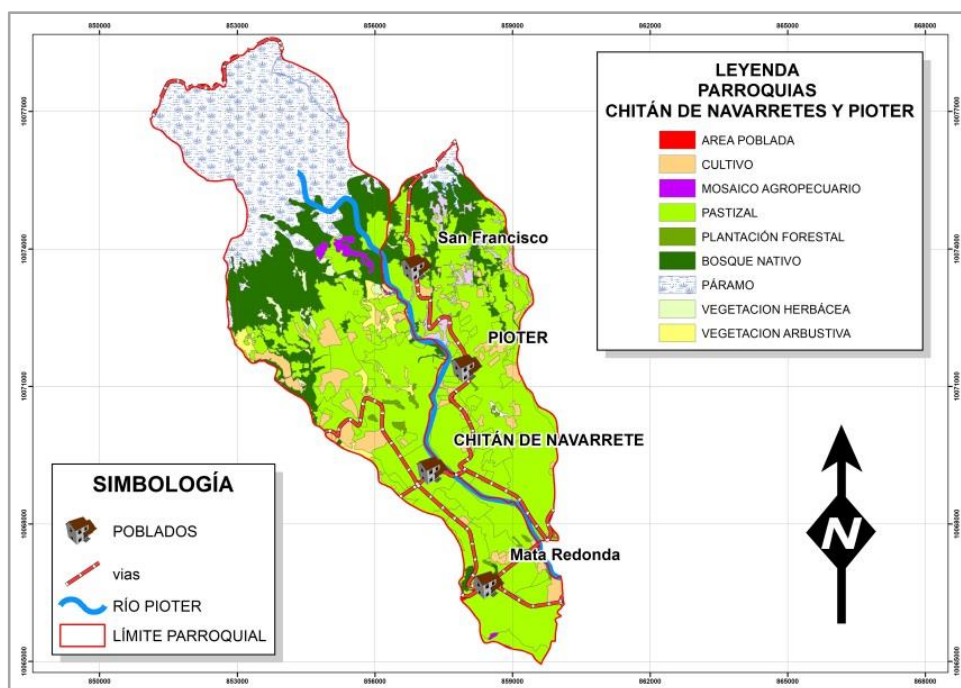
**Figura 2.** Diagrama ombrotérmico de la estación meteorológica San Gabriel

Según Pourrut (1995), en la región Andina del Ecuador las temperaturas medias anuales comprenden por lo general entre 12°C y 20°C; las temperaturas mínimas rara vez descienden a menos de 0° C y las máximas no superan los 30° C, esto

varía dependiendo de la altura y de la exposición. En cuanto a las precipitaciones anuales, estas fluctúan entre 500 mm y 2000 mm por lo que existen dos estaciones lluviosas, de febrero a mayo y de octubre-noviembre. La principal época seca, de junio a septiembre es por lo general muy marcada, en cuanto a la segunda, su duración y localización en el tiempo son mucho más aleatorias, ésta por lo general es inferior a tres semanas y se sitúa a fines de diciembre.

En el mapa de uso de suelo realizado previamente a las salidas de campo muestra que existen pastizales en mayor porcentaje en comparación a otros usos de suelo de las parroquias Chitan de Navarretes y Pioter. Por lo tanto, es evidente que las actividades ganaderas son las que predominan en ambas parroquias, dichas actividades pueden contribuir con nutrientes que directa o indirectamente modifican la calidad del recurso hídrico y es un factor que juega un papel importante a la hora de establecer las estaciones de muestreo (Figura 3).

En las parroquias Chitán de Navarretes y Pioter, la actividad ganadera es el diario vivir de los habitantes por lo que la industria lechera está ligada a la economía del sector. Sin embargo, esta actividad se desarrolla con total normalidad sin darse cuenta de la afectación que le causan al recurso hídrico. En este contexto Taco, Vistín, Rosero, López y Fonseca (2017) expresan que en la microcuenca Negroyacu en Guaranda Ecuador, al igual que en el río Pioter, las actividades productivas que realizan los habitantes de la microcuenca son en el sector primario: agricultura y ganadería. Dichas actividades productivas generadas por los habitantes de la microcuenca tienen una incidencia directa en la contaminación del agua.



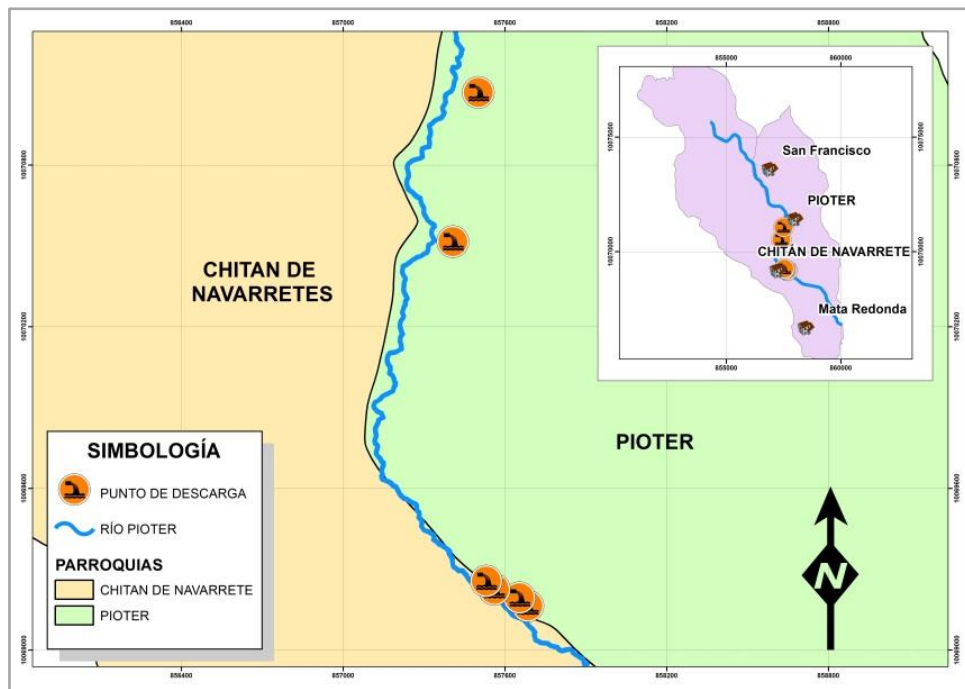
**Figura 3.** Mapa de uso actual del suelo de las parroquias Chitan de Navarretes y Pioter

También, se identificaron los puntos de descargas de aguas residuales que son la principal fuente de contaminación del recurso hídrico, dando un total de seis descargas directas hacia el río, tres que provienen de la parroquia Pioter y tres de la parroquia Chitán de Navarretes (Figura 4).

En la mayoría de los casos en cuerpos de agua, al igual que en el río Pioter, las aguas están sometidas a una contaminación ya sea natural (arrastre de material particulado o disuelto y la presencia de materia orgánica natural) y de origen antrópico (descargas de aguas residuales domésticas, escorrentía agrícola, efluentes de procesos industriales, entre otros.) (Torres, Cruz y Patiño, 2009). En un estudio realizado en los ríos Texcoco, México registraron que las aguas de las descargas son ligeramente alcalinas, muy turbias debido al contenido de materia orgánica y sólidos totales, ligeramente salinas, con baja concentración de oxígeno disuelto, lo que es muy restrictivo para la vida acuática (Rivera, Palacios, Chávez, Belmont, Nikolski, Bauer, Guzmán, Terrazas y Carrillo, 2007). Es así que, la alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua inciden directamente sobre el nivel de riesgo sanitario presente en el agua (CEPIS, 2002). Es más, en Ecuador Isch (2011) manifiesta que las descargas no



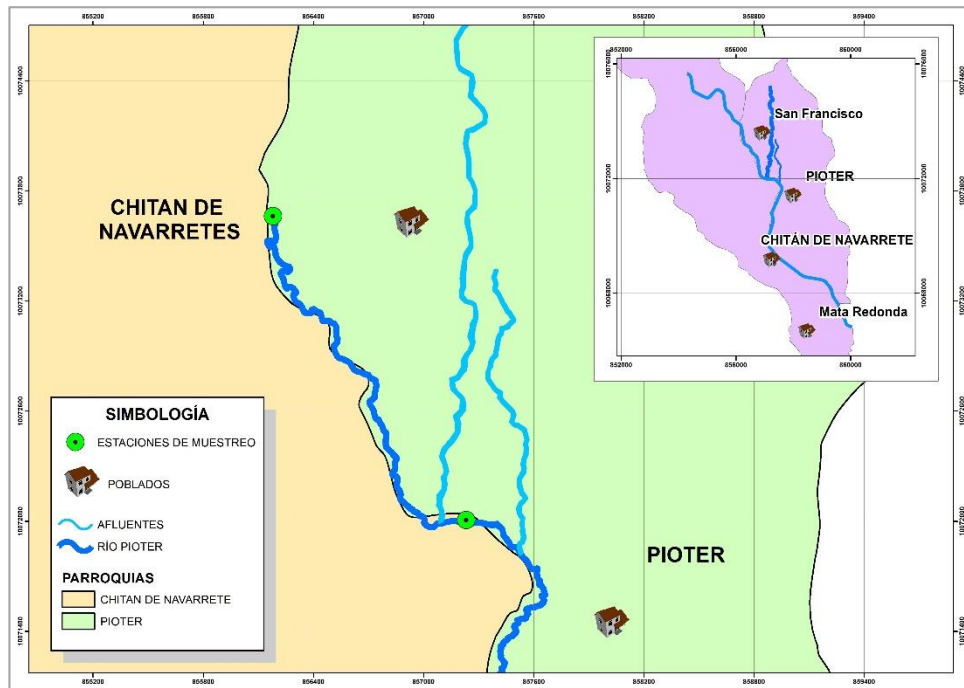
controladas hacia los cuerpos de agua ha provocado una serie de inconvenientes en el país siendo el caso de contaminación de los suelos agrícolas y por ende de los cultivos ya que se ha empleado agua de riego contaminada. Además la restricción para usos recreativos ya sea primarios y secundarios. También, los daños en la biota que en la mayoría de los casos ha sido irreversible, deterioro del paisaje, entre otros. De igual forma, Sierra (2016) afirma que el problema actual de los recursos hídricos, surge principalmente por las descargas de residuos provenientes de actividades humanas o naturales que de una u otra manera infieren en el uso deseable del agua ya sea para abastecimiento de agua municipal e industrial, recreación, pesca y para mantenimiento del balance ecológico.



**Figura 4.** Puntos de descargas de aguas residuales de las Parroquias Chitán de Navarretes y Pioter

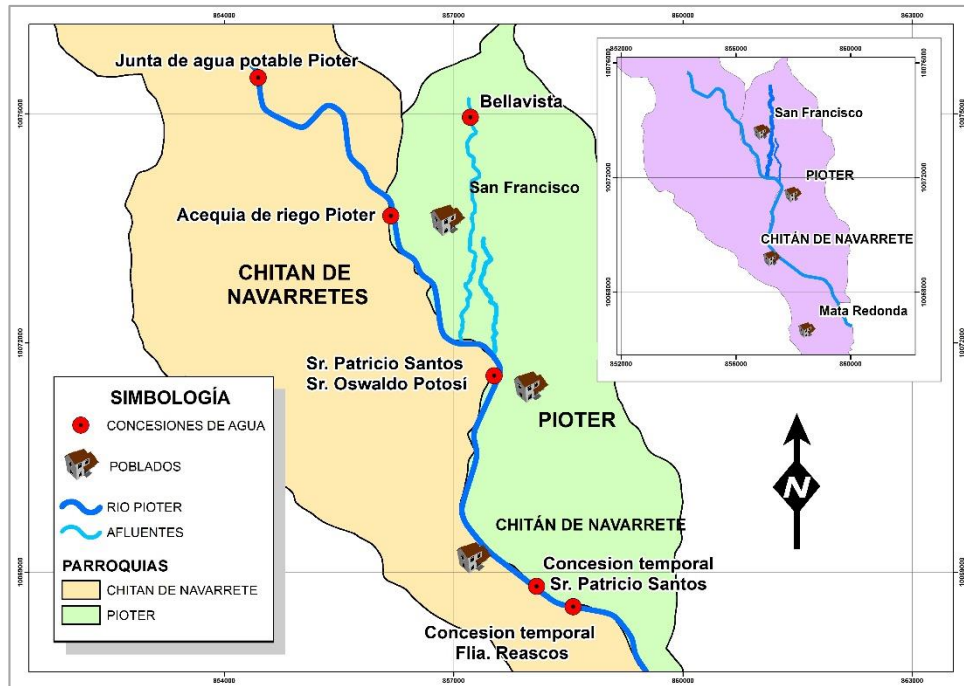
Además, se consideraron dos afluentes del río (sin nombre específico), se tomó en cuenta este factor porque estos afluentes llegan cargados de nutrientes o contaminantes producto de las actividades realizadas en áreas lejanas al río y que de una u otra forma el agua que desemboca en el río Pioter contribuye a la degradación del medio acuático (Figura 5).

En un estudio en el río Vilcanota en Urubamba, Perú existe un afluente que cruza la ciudad y durante su trayectoria recibe distintas clases de contaminantes, en su mayoría líquidos y sólidos de origen urbano-domésticos que afectan la flora y fauna del río principalmente en la época donde no se presentan lluvias (Bolaños y Cabrera, 2006).



**Figura 5.** Afluentes del río Pioter

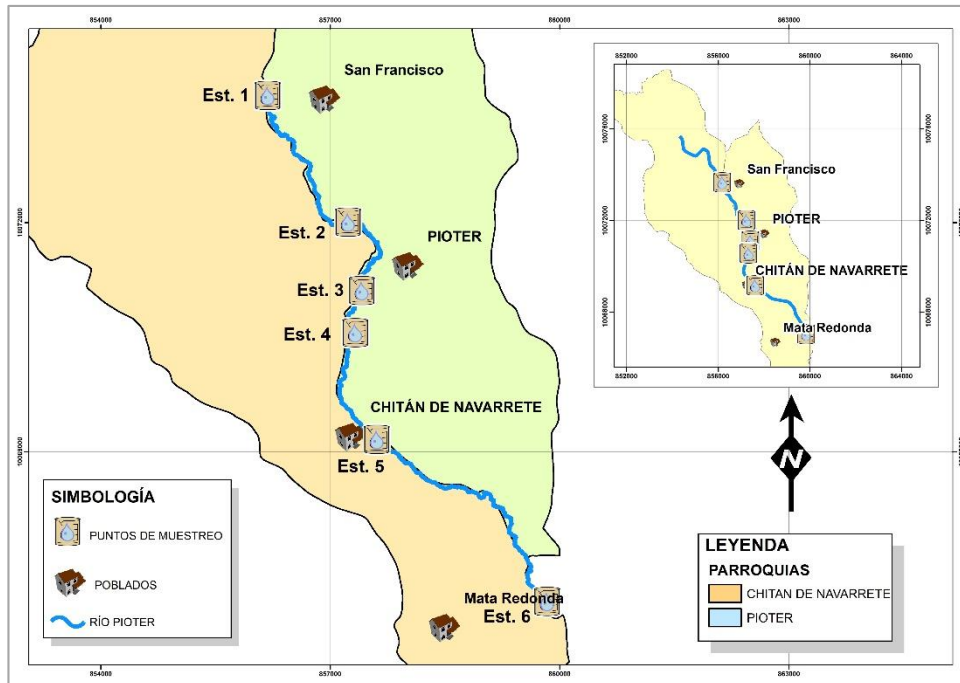
Así también, se tomó en cuenta las concesiones que se encuentran adjudicadas a instituciones comunitarias y a personas naturales, se encontraron seis concesiones las cuales son: Junta de agua potable Pioter; Bellavista; Acequia de riego Pioter; Sr. Patricio Santos, Sr. Oswaldo Potosí. No obstante existen dos concesiones temporales las cuales se otorga el permiso a los usuarios solo en la época seca, estas son: Concesión temporal Sr. Patricio Santos y Concesión temporal Flia. Reascos (Figura 6).



**Figura 6.** Concesiones de agua del río Pioter

Finalmente, se consideró la accesibilidad para llegar al río ya que existen zonas de difícil acceso y se trató de que las estaciones de muestreo estén distribuidas de manera homogénea en el trayecto del río. De igual manera lo hicieron Cahó y López (2017) en el humedal Torca-Guaymaral en Colombia, donde desarrollaron un estudio exploratorio descriptivo, para la toma de muestras consideraron puntos que ofrecían facilidad de acceso, seguridad, un flujo permanente de agua y representatividad. Lo mismo hicieron Toro et al. (2002) en un estudio realizado en varios ríos mediterráneos se seleccionaron las estaciones de muestreo de acuerdo a varios criterios de representatividad, accesibilidad y grado de conservación.

Por consiguiente, se establecieron seis estaciones de muestreos empezando por la parte alta, luego en la parte media y finalmente la parte baja del río, considerando que las fuentes principales de contaminación son las descargas de aguas residuales (Figura 7).



**Figura 7.** Estaciones de muestreo en el trayecto del río Pioter

A continuación se describe brevemente las seis estaciones de muestreo establecidas para la toma de muestras (Figura 8).

**Figura 8.** Estaciones de muestreo en campo

ÉPOCA LLUVIOSA	ÉPOCA SECA
FECHA: 30 de abril de 2019	FECHA: 13 de agosto de 2019
	<p>ESTACIÓN: 1</p> <p>ALTITUD: 3229</p> <p>COORDENADA: 188264; 10073636</p> <p>FLORA: Vegetación arbustiva donde predomina la familia Poaceae (<i>Phragmites australis</i>), Briofitas, Asteraceae, Fabaceae (<i>Trifolium repens</i>), Actinidaceae (<i>Saurauia sp</i>), entre otras.</p> <p>OBSERVACIÓN DIRECTA: Sitio de fácil acceso, no existe mal olor ni presencia de ganado, el agua es clara.</p>



ESTACIÓN: 2

ALTITUD: 3023

COORDENADA: 189314; 10071979

FLORA: *Alnus acuminata*, *Macleania rupestris*, *Vaccinium meridionale*, *Phragmites australis*, *Cortaderia sellona*; especies de la familia Poaceae, Pterophyta, Briofitas, *Orchidaceae*, entre otras.

OBSERVACIÓN DIRECTA: Sitio de difícil acceso, no hay mal olor, agua clara, ser un lugar atractivo para ecoturismo existen residuos inorgánicos como son botellas plásticas, fundas de snacks, entre otros.

---



ESTACIÓN: 3

ALTITUD: 2865

COORDENADA: 189493; 10071082

FLORA: Vegetación arbustiva predomina la familia Poaceae (*Phragmites australis*), *Baccharis latifolia*, *Rubus niveus*, entre otras.

OBSERVACIÓN DIRECTA: Sitio de fácil acceso, mal olor, agua turbia.

---



ESTACIÓN: 4

ALTITUD: 2841

COORDENADA: 189407; 10070530

FLORA: *Sapium glandulosum*, *Rubus niveus*, *Baccharis latifolia*, *Trifolium repens*, *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus globulus*, entre otras.

OBSERVACIÓN DIRECTA: sitio de fácil acceso, se constató mal olor, se observó el agua turbia.

---



ESTACIÓN: 5

ALTITUD: 2800

COORDENADA: 189688; 10069133

FLORA: *Trifolium repens*, *dactylis glomerata*, entre otras.

OBSERVACIÓN DIRECTA: sitio de fácil acceso, mal olor, agua un poco turbia.

---



ESTACIÓN: 6

ALTITUD: 2751

COORDENADA: 191912; 10067012

FLORA: *Coriaria ruscifolia*, *Trifolium repens*, *Rumex crispus*, entre otras.

OBSERVACIÓN DIRECTA: sitio de fácil acceso, presencia de ganado, agua turbia.

---

#### **4.2. Determinación de la calidad del agua del río Pioter mediante parámetros físicos, químicos y microbiológicos**

Los valores obtenidos de los análisis de agua realizados en la época seca y época lluviosa muestran lo siguiente.

En el caso de *E.Coli*, el valor de la primera estación es muy bajo respecto a los valores de las otras estaciones. Sin embargo, en las estaciones 3, 5 y 6 en la época seca los valores son extremadamente altos en comparación a los otros valores (Tabla 4).

De igual manera se evidencia que los valores DBO<sub>5</sub> de la estación 1 en ambas épocas seca y lluviosa son bajos respecto al resto de estaciones. No obstante, en la estación 6 el valor de la época seca es muy alto referente a los otros valores. El parámetro DQO en la estación 6 de la época seca el valor sobrepasa los 500 mg/l

lo cual es un valor extremadamente superior respecto a los valores de las demás estaciones, en la época lluviosa el valor más alto es de la estación 3 que supera los 30 mg/l. Así también, los valores de OD en la época lluviosa en todas las estaciones es mayor respecto los valores de la época seca (Tabla 4).

Por otra parte, los valores de pH en las estaciones 1 y 2 de la época lluviosa es mayor a 8 lo cual supera el rango neutro que es 7. No obstante, los valores de pH de las estaciones tres, cuatro y cinco en la época seca son mayores respecto al resto de valores. De la misma forma, se observa que los valores de temperatura en la época seca a partir de 8°C va aumentando en cada estación considerando que la estación 1 es en la parte alta del río y la estación 6 es en la parte baja del río, lo mismo pasa en la época lluviosa que parte de una temperatura de 9°C y va aumentando en cada estación, esto quiere decir que a mayor altura disminuye la temperatura. Además, se observa que los valores de la Conductividad de la época seca son mayores a los de la época lluviosa en todas las estaciones de muestreo. Sin embargo, en la época seca el valor más alto de conductividad supera los 180  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Tabla 4).

No obstante, los valores de  $\text{NO}_3$  en la época lluviosa de todas las estaciones son menor a 1 mg/l y los valores de la época seca superan el 1 mg/l. Se observa que los valores de  $\text{PO}_4$  en las estaciones 3, 4, 5 y 6 de la época seca están sobre 1 mg/l de las cuales la estación 6 tiene un valor aún más alto con relación a los otros valores de ambas épocas. Por otra parte, se encuentra la Turbidez donde el valor más alto sobrepasa los 50 NTU en la estación 4 y 6 de la época seca, es un valor muy alto respecto al resto de valores. Finalmente, los STD tienen un valor ascendente en la época lluviosa, lo mismo sucede en la época seca en todas las estaciones de muestreo. En cierto modo, los valores de la época lluviosa son mayores a los valores de la época seca (Tabla 4).

En la primera y segunda estación de muestreo al no existir asentamientos poblacionales en la parte alta del río Pioter no se presentan valores de *E. Coli* altos (Tabla 4). *E. Coli*, al ser una bacteria que se aloja en el intestino de los humanos,

está presente en las descargas de aguas residuales domésticas que se vierten a los recursos hídricos sin un tratamiento previo, esta bacteria se desarrolla con normalidad y en abundancia en medios cálidos (Maldonado, 2009).

La contaminación orgánica es el resultado de la disminución de oxígeno, producto de la descomposición biológica de los contaminantes inorgánicos (Raffo y Ruiz, 2014). En este contexto, se observa que en la época seca de este estudio hay déficit de oxígeno disuelto tomando en cuenta que los valores son menores en comparación a los de la época lluviosa. Esto se corrobora con un estudio de García, Puentes y Montalvo (2008) quienes encontraron que el río Guanó, Cuba es un afluente receptor de los residuales generados por una destilería de alcohol. Por lo tanto, el cuerpo de agua se encuentra muy contaminado por materia orgánica con valores de DBO<sub>5</sub> y DQO superiores a los 20 mg/l, de tal forma que en esa zona existe un déficit de oxígeno disuelto (Tabla 4).

Por lo general los parámetros físicos se relacionan con otros parámetros por ejemplo: la temperatura está estrechamente interrelacionada con el oxígeno disuelto y la DBO<sub>5</sub> y por consiguiente con la diversidad de especies acuáticas; las bacterias y microorganismos se desarrollan rápidamente en aguas calientes, a temperaturas frías la concentración de oxígeno disuelto es más alta y la posibilidad de supervivencia de las especies acuáticas es mayor (Sardiñas et al., 2006). Lo mismo sucede en este estudio donde los valores de temperatura en la época lluviosa son más bajos que en la época seca y de igual forma los valores de oxígeno disuelto son mayores en la época lluviosa que en la época seca (Tabla 4).

La contaminación por nitratos procede, principalmente, por fuentes no puntuales y difusas. Es así que, los nitratos y fosfatos son constituyentes naturales del terreno y del agua superficial y subterránea, estos nutrientes proceden, en gran parte de la descomposición de materia orgánica (Vega, 2009). Más aún, su presencia en la tierra y en los acuíferos aumenta con el uso de fertilizantes químicos nitrogenados, actividades ganaderas y puede ser perjudicial para la salud de las personas (Torres, Cruz y Patiño, 2009). En el caso del río Pioter los valores de nitratos y



fosfatos son bajos a pesar de que en la zona se realizan actividades ganaderas en gran parte del territorio (Tabla 4).

**Tabla 4.** Resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la época seca (ES) y lluviosa (EL) en las seis estaciones (EST) de muestreo

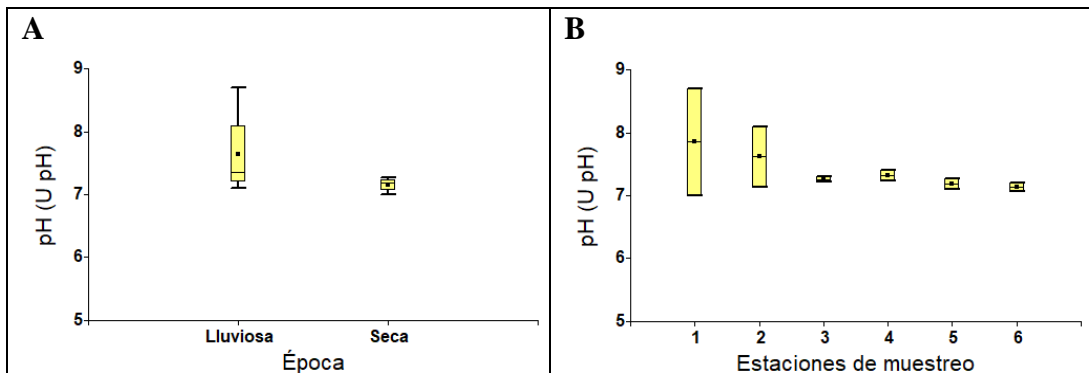
PARÁMETROS	UNIDADES	EST. 1		EST. 2		EST. 3		EST. 4		EST. 5		EST. 6	
		E.S	E.L	E.S	E.L	E.S	E.L	E.S	E.L	E.S	E.L	E.S	E.L
<i>E. Coli</i>	ufc/100 ml	2	20	22	368	124000	4400	8000	608	1336000	1312	232000	3600
pH	pH	7	8,7	7,14	8,1	7,22	7,3	7,24	7,4	7,27	7,1	7,06	7,2
DBO <sub>5</sub>	mg/l	1	1	4	2	30	7	15	5	16	3	340	5
NO <sub>3</sub>	mg/l	1,5	0,3	1,97	0,4	1,68	0,4	2,62	0,5	4,35	0,5	1,63	1
PO <sub>4</sub>	mg/l	0,15	0,17	0,28	0,17	1,28	0,38	1,42	0,52	1,4	0,46	4,04	0,51
T°	°C	8,8	9,7	8,9	10,37	9,9	11,1	10,4	11,5	11,8	12,6	12	12,8
Turbidez	NTU	6,94	6,15	4,06	3,86	20,5	18	69,1	8,29	12	8,75	55,2	11,2
SDT	mg/l	51	32	49	33	79	42	72	45	84	51	147	61
OD	mg/l	1,22	7,4	5,43	6,44	4,18	7,3	1,98	7,06	2,14	7,9	1,35	9,7
DQO	mg/l	16	<3	19	<3	93	32	112	12,5	57	13	508	14
Conductividad	μS/cm	63,2	43	60,5	43	89,7	52	75,5	61	111,7	74	180,4	88
Saturación	%	15,3	64,4	64,5	57	51,3	65,5	24,4	63,5	27,3	73,1	17,3	91

#### 4.2.1. Contaminación física

A continuación se presentan las pruebas estadísticas T de Student para épocas y ANOVA para estaciones de muestreo.

Los valores de pH en la época lluviosa en la estación uno y dos superan las 8 unidades y en la época seca los valores son similares a 7 unidades de pH, se entiende que en la época lluviosa los valores de la estación uno y dos tienden a ser básicos debido a la temperatura ya que se encuentran en la parte alta del río. Sin embargo, no existe diferencia entre épocas (Prueba t Student  $p= 0.4328$ ) con una media de 7.63 en la época lluviosa y 7.16 en la época seca. De igual manera, entre estaciones de muestreo no existe diferencia (Test de ANOVA  $p= 0.5264$ ), ya que los valores son similares a 7 en la mayoría de estaciones de muestreo en ambas épocas, con una media de 7.85 en la estación uno y 7.62 en la estación dos, siendo los valores más altos en comparación al resto de valores (Figura 9).

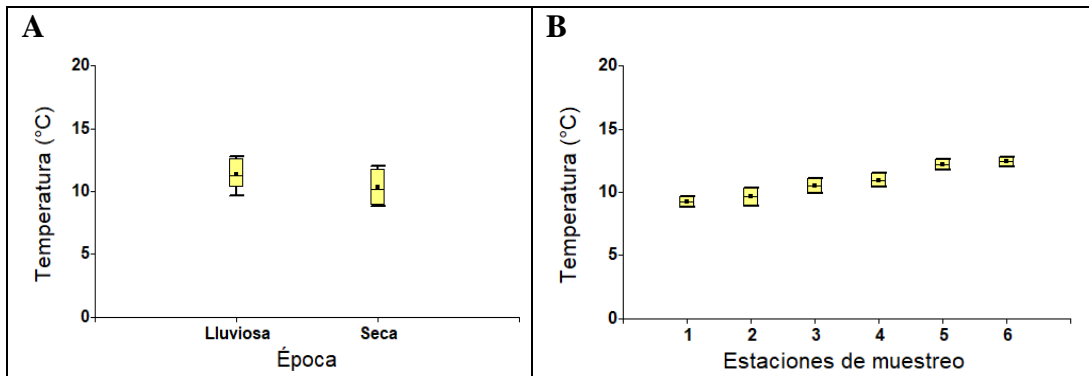
En la época lluviosa el agua tiende a ser básica, un factor que lo determina es la temperatura ya que son muestras de la parte alta del río. Un pH básico podría afectar a la vida acuática ya sean plantas o animales. No obstante, existen especies que se adaptan a un nivel de pH específico por lo que se podrían desarrollar sin complicaciones. Más aún, Caho y López (2017) expresan que este parámetro se ve influenciado por la evaporación del cuerpo de agua, los procesos biológicos, las fuentes de contaminación, la concentración de  $\text{CO}_2$  y temperatura, en el estudio de dichos autores se registraron los valores más altos de pH al estar en una mayor concentración de los iones carbonatos gracias a los bajos niveles del agua.



**Figura 9.** Caja de bigotes que expresan los valores de pH en la época lluviosa y época seca (A), y en las seis estaciones de muestreo (B)

En cuanto a temperatura, no existe diferencias entre épocas (Prueba t Student  $p=0.1881$ ) con una media de 11.35 en la época lluviosa y 10.30 en la época seca. En cuanto a estaciones de muestreo si hay diferencia (Test de ANOVA  $p=0.0002$ ) ya que los valores de temperatura oscilan entre los 8°C y 12°C considerando la altura a la cual se encuentran las estaciones de muestreo, los valores de temperatura superiores corresponden a las estaciones cinco y seis con una media de 12.2 °C y 12.4 °C respectivamente (Figura 10).

Al respecto, Caruso (2001) señala que las sequías reducen la capacidad de dilución y asimilación de contaminantes en las corrientes de agua, provocando un incremento de salinidad y un deterioro de la calidad del agua. Es así que en este estudio se evidencia mayor concentración de contaminantes orgánicos especialmente en la época seca que corresponde al mes de septiembre. Por lo tanto, la temperatura juega un papel muy importante ya que es un factor que en muchos casos puede generar variaciones en el resto de parámetros físicos, químicos y microbiológicos presentes en el agua.

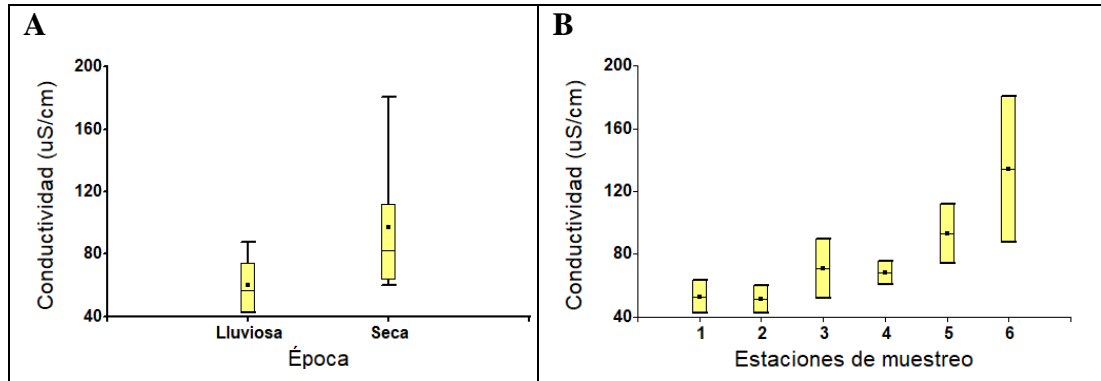


**Figura 10.** Caja de bigotes que expresan los valores de temperatura en la época lluviosa y época seca (A), y en las seis estaciones de muestreo (B)

En el caso de conductividad, no existe diferencia entre épocas (Prueba t Student  $p=0.0603$ ) con una media de  $60.17 \mu\text{S/cm}$  y  $96.83 \mu\text{S/cm}$  en la época lluviosa y seca respectivamente. No obstante, entre estaciones de muestreo si hay diferencia (Test de ANOVA  $p=0.0045$ ), donde sobresale la media de la estación seis con un valor de  $134.2 \mu\text{S/cm}$  que es sumamente mayor al resto de valores, esto se atribuye a que esta estación es la última en la parte baja del río considerando que existe una acumulación de contaminantes siendo el caso de materia orgánica y vertidos industriales ya que cerca de esta estación se encuentra la industria láctea Gonzáles y dos enfriadoras más de leche. De igual manera, esto se asocia al déficit de caudal ecológico especialmente en la época seca ya que en esta época es donde los usuarios toman el agua que les corresponde en cada concesión. Otro factor es que la conductividad depende de la temperatura, ya que a mayor temperatura mayor conductividad y en la estación seis el valor de la temperatura es el más alto en ambas épocas (Figura 11).

La diferencia entre las épocas en este estudio se debe a que la conductividad del agua depende de la concentración de metales y sales que están presentes en el agua y estos elementos varían con los fenómenos del clima siendo el caso de las precipitaciones así mismo de la sedimentación, así lo afirma (Das y Acharya, 2003). Además, la temperatura genera un efectos directo sobre la conductividad eléctrica (CE), ya

que cuando la temperatura aumenta, la viscosidad del agua disminuye, provocando una mayor CE (Rubio, Ortiz, Quintana, Saucedo, Ochoa y Rey, 2014).

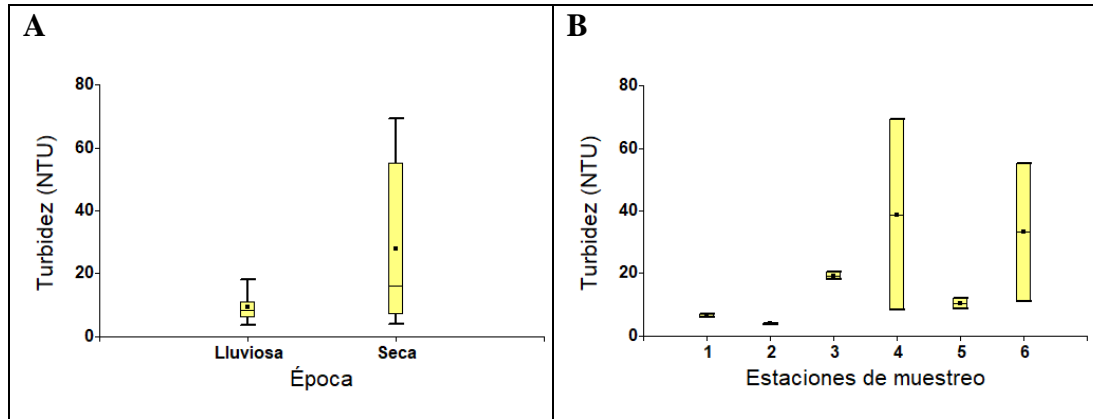


**Figura 11.** Caja de bigotes que expresan los valores de Conductividad en la época lluviosa y época seca (A), y en las seis estaciones de muestreo (B)

En el caso de Turbidez, no existe diferencia entre épocas (Prueba t Student  $p=0.1853$ ). Presenta una media de 9.38 NTU en la época lluviosa y una media de 27.97 NTU en la época seca y entre estaciones de muestreo tampoco existe diferencia (Test de ANOVA  $p=0.1398$ ) con una media de 38.695 NTU en la estación cuatro, siendo superior al resto de los valores de las medias. Sin embargo, el valor de la estación cuatro es superior al resto de valores de la época seca ya que al momento de tomar la muestra hubo remoción de sedimentos lo cual alteró este parámetro y en la estación seis de igual manera por la presencia de ganado en la zona hace que el agua permanezca turbia (Figura 12).

Fernández (2012) expresa que la turbidez es un parámetro indicador de la presencia de sólidos, especialmente coloidales. Proviene de la erosión y transporte de materia coloidal por parte de los ríos en su recorrido, de los aportes de fibras vegetales incluso de aportes de aguas residuales domésticas o industriales. Otro estudio de la subcuenca Zanjón, Colombia. Demuestra que, la turbiedad registró entre la mayor variabilidad entre las estaciones, mostrando el impacto de las aguas residuales que

reciben de los centros poblados, los cuales han impactado considerablemente en la calidad del agua (Valdes, Samboni y Carvajal, 2011).

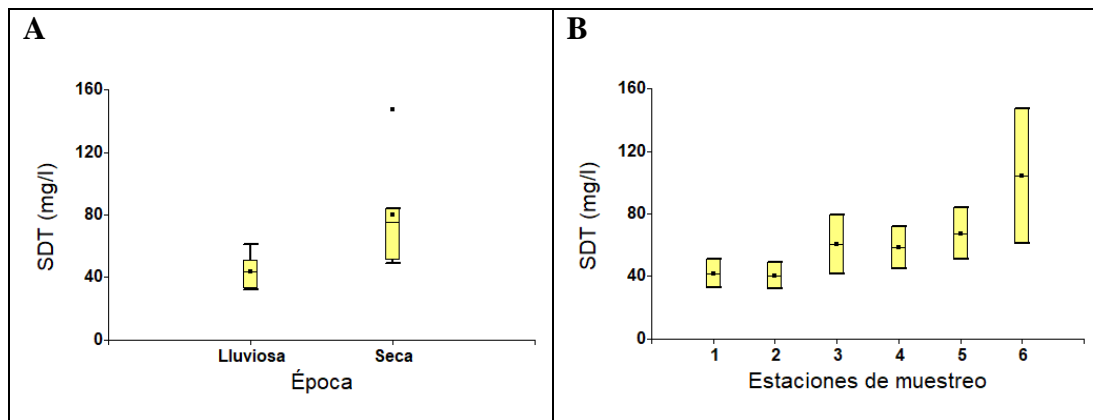


**Figura 12.** Caja de bigotes que expresan los valores de Turbidez en la época lluviosa y época seca (A), y en las seis estaciones de muestreo (B)

En el caso de SDT, si existe diferencia entre épocas (Prueba t Student  $p= 0.0160$ ). Presenta una media de 44.00 mg/l y 80.33 mg/l en la época lluviosa y seca respectivamente y entre estaciones de muestreo también existe diferencia (Test de ANOVA  $p= 0.0062$ ) con una media de 104.00 mg/l en la estación seis siendo superior al resto de medias y una media de 41 mg/l de la estación uno siendo inferior al resto de valores de las medias. El estación seis como ya se mencionó anteriormente por ser la estación que se encuentra en la parte baja del río hay la presencia SDT por la acumulación de materia orgánica proveniente del ganado que se encuentra en el sitio (Figura 13).

Los SDT reflejan la concentración de las sales, ácidos minerales o contaminantes similares que están presentes en el agua. En este contexto, en el estudio de los ríos urbanos en Veracruz, México, registraron concentraciones de SDT que oscilaron entre 110 mg/L y 413 mg/L para época seca y entre 75 mg/L y 275 mg/L para lluvias (Olguín, González, Sánchez, Zamora y Owen, 2010). Estos valores se encontraron dentro de los límites máximos permisibles establecidos por la Organización Mundial de la Salud de las Naciones Unidas que es 500 mg/L (World Healyh Organization,

2008). Mejía (2005) pone de manifiesto que la falta de cobertura vegetal aumenta la escorrentía superficial, elevando la tasa de sedimentos arrastrados hacia el recurso hídrico, caso que sucede en el río Pioter puesto que la mayoría del territorio está cubierto por pastizales.



**Figura 13.** Caja de bigotes que expresan los valores de Sólidos Totales Disueltos en la época lluviosa y época seca (A), y en las seis estaciones de muestreo (B)

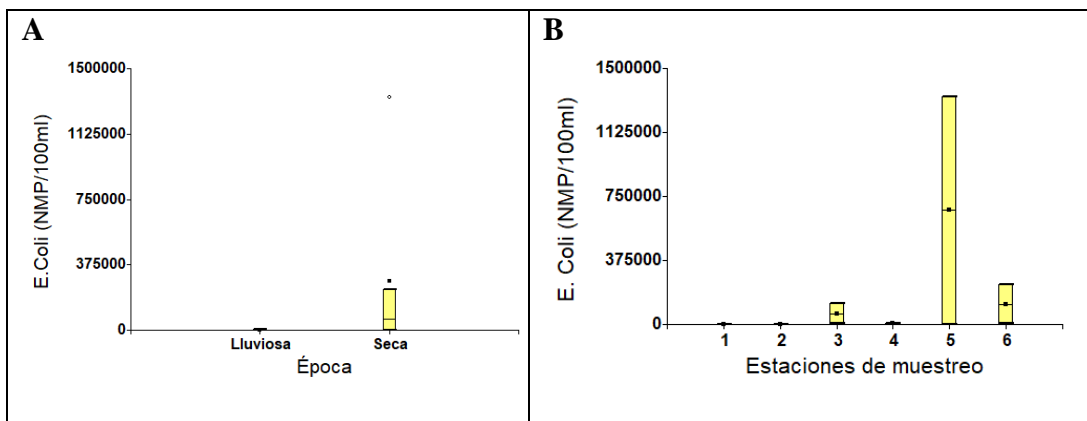
#### 4.2.2. Contaminación biológica

En el caso de *E. Coli*, no existe diferencia entre épocas (Prueba t Student  $p= 0.4328$ ), donde la media de la época lluviosa es de 1718.00 ufc/100ml y de la época seca es 283337.33 ufc/100ml, de igual manera no hay diferencia entre estaciones de muestreo (Test de ANOVA  $p= 0.1083$ ), con una media de 668 656 ufc/100ml en la estación cinco siendo superior a las demás (Figura 14).

En la época seca los valores altos de *E. Coli* están vinculados a las descargas de aguas residuales que directamente son vertidas hacia el río, se conoce que en la época seca baja el caudal del río y así el agua no fluye con normalidad por lo que este contaminante tiende a formar colonias que modifican la calidad del agua. Sin embargo, en la época lluviosa existen menos estaciones de muestreo con altos valores de *E. Coli*, esto se da porque en época lluviosa existe mayor caudal y por ende la fluidez del agua no permite la formación excesiva de colonias de *E.Coli*. En este



contexto; Romero, García, Valdez y Vega (2010) mencionan que, la elevada concentración de *E. Coli* se asocia a la presencia de heces fecales sobre la superficie del agua que provienen de las descargas de aguas residuales. Así también, Hernández, Quiñones, Acevedo y Rubiños (2014) indican que el riego con aguas residuales en áreas verdes, cultivos de legumbres y árboles frutales es cada vez mayor. Por lo tanto existe alto riesgo de contraer enfermedades intestinales por bacterias Coliformes Fecales, sobre todo con consumo de productos crudos. Sin embargo, Baccaro, Dogorgue, Lucca Picone, Zamuner y Andreoli (2006), expresan que las fuentes de contaminación del agua por coliformes fecales pueden ser varias, esto incluye el agua de escurrimiento desde terrenos de encierre de animales, la aplicación de abonos y también, las filtraciones desde tanques sépticos.



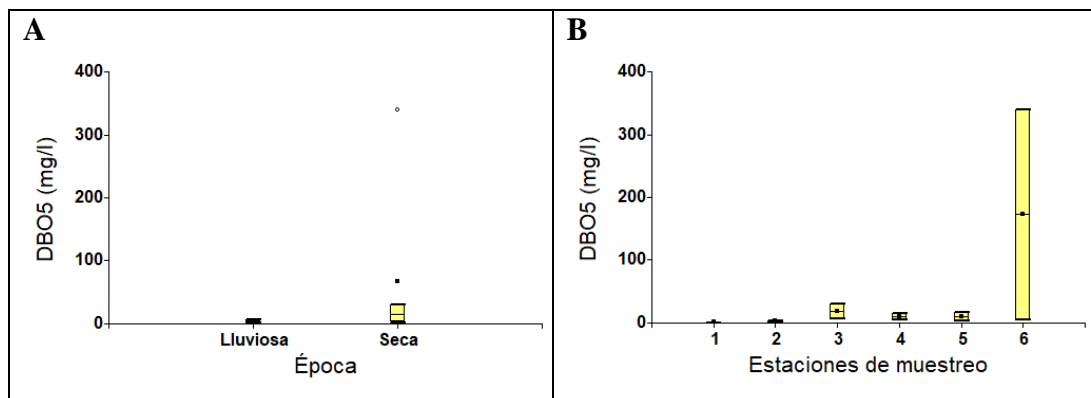
**Figura 14.** Caja de bigotes que expresan los valores de *E. Coli* en la época lluviosa y época seca (A), y en las seis estaciones de muestreo (B)

#### 4.2.3. Contaminación orgánica

En el caso de  $DBO_5$ , no hay diferencia entre épocas (Prueba t Student  $p= 0.1248$ ) mostrando una media de 3.83 mg/l en la época lluviosa y 67.67 mg/l en la época seca, del mismo modo no existe diferencia entre estaciones de muestreo (Test de ANOVA  $p= 0.0841$ ), considerando la media 173 mg/l de la estación seis que es mayor al resto de valores. De igual manera que en otros parámetros en la estación seis hay más

concentración de materia orgánica por ser en la parte baja del río tomando en cuenta la presencia de ganado en esta área (Figura 15).

El DBO<sub>5</sub> es un indicador de materia orgánica presente en las fuentes de aguas (Aznar y Barba, 2000). Es así que, en el río Pioter los valores de DBO<sub>5</sub> presentes en las estaciones de muestreo uno y dos cumplen con los CCA debido a que en la parte alta del río no se desarrollan actividades antrópicas a gran escala, esta información coincide con un estudio realizado por Jiménez y Vélez (2006), donde, alrededor del 61% de los puntos de muestreo de la cuenca, los niveles de DBO<sub>5</sub> no sobrepasaron los 2 mg/l, este valor comprende aguas con bajos niveles de contaminación por materia orgánica biodegradable. Además, Soto y Reina (2012) evidenciaron que aguas abajo del río Coca, Ecuador, existe un cambio considerable de concentración de DBO<sub>5</sub> que sobrepasa los criterios de calidad admisibles para agua de consumo humano y doméstico que requieren un tratamiento convencional, por lo que indican que el aumento de concentración de este parámetro es efecto de las descargas de aguas servidas de asentamientos poblacionales cercanos al área de muestreo.

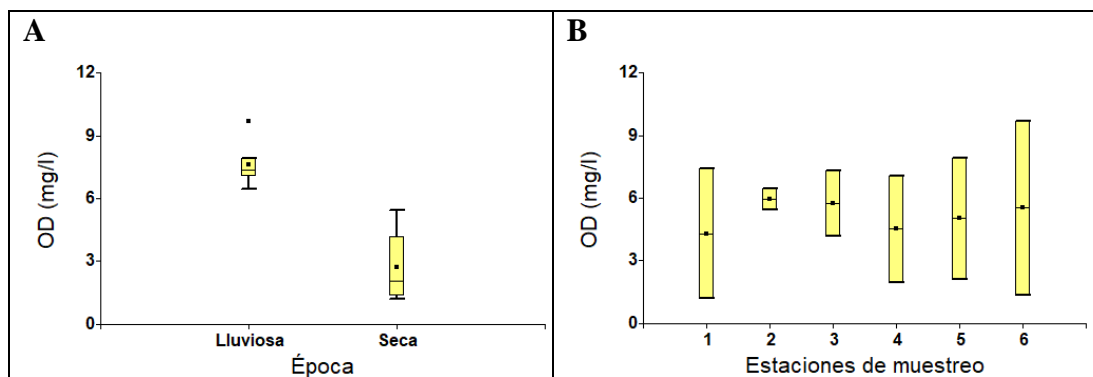


**Figura 15.** Caja de bigotes que expresan los valores de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en la época lluviosa y época seca (A), y en las seis estaciones de muestreo (B)

En el caso de OD, si hay diferencia entre épocas (Prueba t Student  $p= 0.0054$ ), presenta una media de 7.63 mg/l y 2.72 mg/l en la época lluviosa y seca respectivamente, esto es debido al nivel de oxigenación que tiene el agua ya que en la

época lluviosa hay más caudal por ende existe una mayor oxigenación. Sin embargo, en la época seca los valores de OD son menores ya que no ocurre un proceso de oxigenación adecuado por el déficit de caudal. No obstante, entre estaciones de muestreo no existe diferencia (Test de ANOVA  $p= 0.1050$ ), con una media que oscila entre 4.31 mg/l y 5.74 mg/l en las seis estaciones de muestreo (Figura 16).

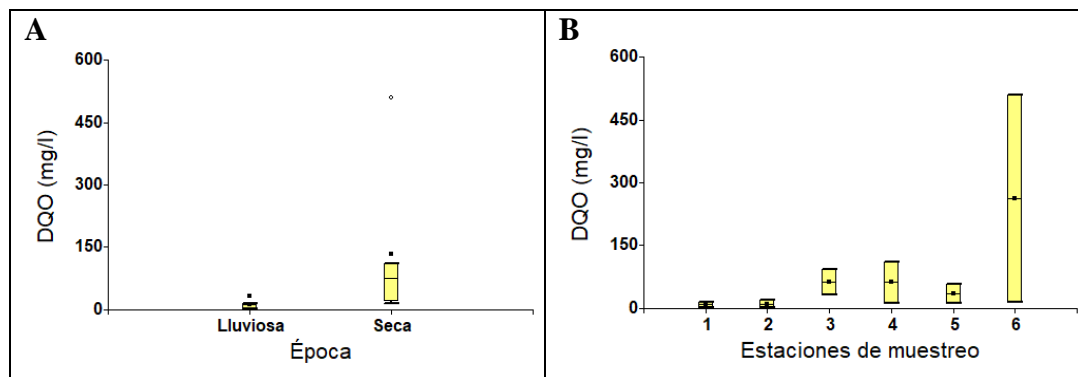
Es evidente que en el río Pioter en la época lluviosa el agua es de buena calidad ya que presentó altos valores en cuanto a este parámetro. Por lo tanto, no existe presencia de nutrientes en todas las estaciones de muestreo. Esta información se corrobora con lo que expone Baque, Simba, González, Suatunce, Diaz, y Cadme (2016) el agua es de buena calidad cuando el oxígeno disuelto presenta un nivel mayor que 80% de saturación, ya que permite descomponer todos los materiales biodegradables presentes en el agua y con eso evita su deterioro. El Oxígeno Disuelto es un indicador de contaminación por materia orgánica proveniente de descargas de aguas residuales ya sean domésticos o industriales hacia los cuerpo de agua (Sardiñas, Chiroles, Fernández, Hernández y Pérez, 2006). Las concentraciones de OD bajas por lo general se encuentran donde la materia orgánica está en descomposición, esto significa que las bacterias utilizan el oxígeno para descomponer los desechos (Picone, Andreoli, Costa, Crespo, Nannini y Tambascio, 2003).



**Figura 16.** Caja de bigotes que expresan los valores de Oxígeno Disuelto en la época lluviosa y época seca (A), y en las seis estaciones de muestreo (B)

En el caso de DQO, si existe diferencia entre épocas (Prueba t Student  $p= 0.0123$ ) con una media de 12.92 mg/l en la época lluviosa y una media extremadamente superior de 134.17 en la época seca. Del mismo modo, existe diferencia entre estaciones de muestreo (Test de ANOVA  $p= 0.0415$ ) presentando una media de 9.5 mg/l en la estación uno y una media de 261 mg/l en la estación seis, debido a la presencia de residuos con alto contenido de materia orgánica en la parte baja del río (Figura 17).

En la estación seis el agua tiene un fuerte impacto de descarga de aguas residuales por su alto valor. Ramos, Broca, Laines y Carrera (2012) señalan que las concentraciones que se ha observado en aguas de superficie no contaminadas son del orden de 20 mg/l y superiores a 200 mg/l en aguas que recibe efluentes industriales. En el río Pita, Ecuador, se encontraron valores de DQO por debajo de los límites máximos permisibles, estos parámetros se relacionan con el contenido de materia orgánica y compuestos que puedan ser degradados químicamente (Simbaña, Romero, Yáñez, Benavidez y Navarrete, 2019).



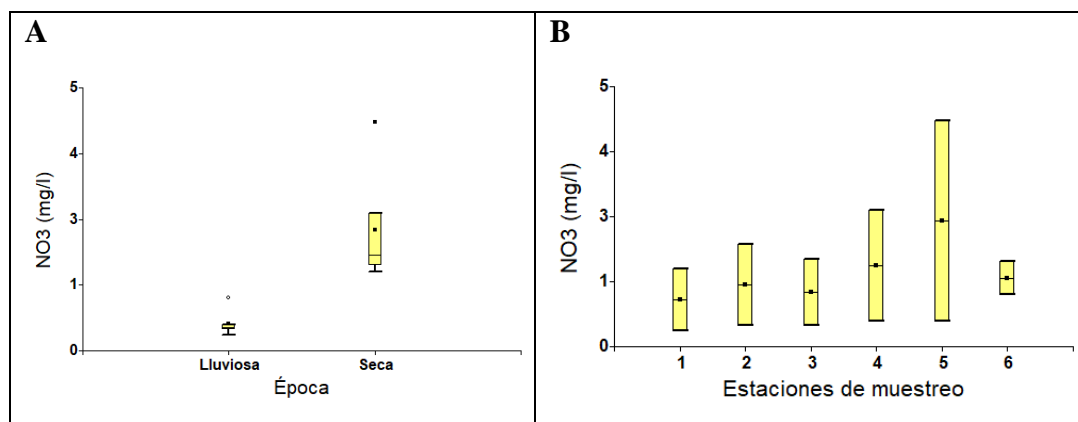
**Figura 17.** Caja de bigotes que expresan los valores de la Demanda Química de Oxígeno en la época lluviosa y época seca (A), y en las seis estaciones de muestreo (B)

#### 4.2.4. Contaminación por nutrientes

En el caso de  $\text{NO}_3$ , existe diferencia entre épocas (Prueba t Student  $p= 0.0001$ ), con una media de 0.52 mg/l en la época lluviosa y 2.29 mg/l en la época seca, en cuanto a

estaciones de muestreo también existe diferencia (Test de ANOVA  $p= 0.0172$ ), presenta una media de 0.9 mg/l en la estación uno y una media de 2.43 mg/l en la estación cinco. En la estación cinco existe un valor muy alto lo cual se le puede atribuir a que este sitio existe una descarga de agua de un criadero de cerdos, esta sería la causa de la alteración de este parámetro en esta estación (Figura 18).

Un análisis de agua en el río Guayas en el tramo que corresponde a la ciudad de Guayaquil, realizados por la Empresa Cantonal de agua potable y alcantarillado, establecieron que el nivel de nitrógeno total que mide su capacidad de nitrificación a nitritos y nitratos, superan el límite permisible de 1,2 mg/L, en todos los ocho puntos de muestreo, tanto en marea alta como en marea baja. Un estudio realizado por la (Secretaría Nacional del Agua, 2010) permitió identificar la presencia de nitratos en niveles que alcanzaron 86,48 mg/l en el agua utilizada en el sistema de riego El Mate proveniente del río Daule.

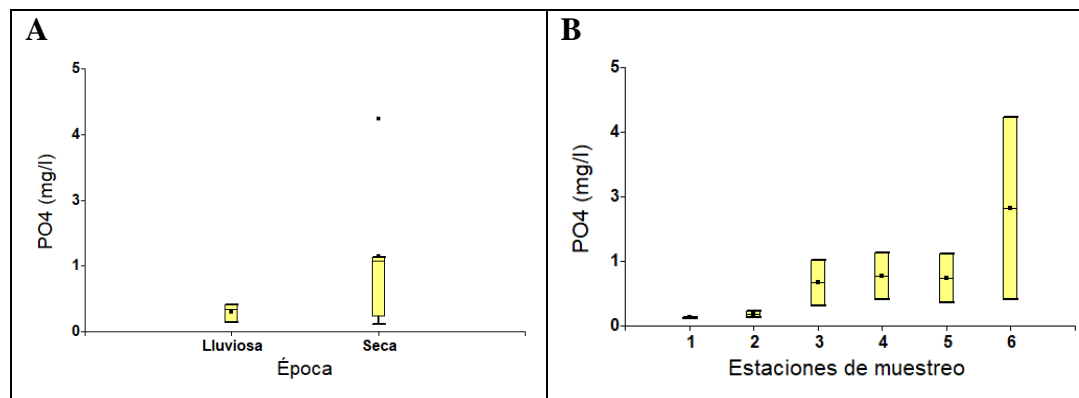


**Figura 18.** Caja de bigotes que expresan los valores de Nitratos en la época lluviosa y época seca (A), y en las seis estaciones de muestreo (B)

En el caso de PO<sub>4</sub>, no hay diferencia entre épocas (Prueba t Student  $p= 0.1051$ ) con una media de 0.37 mg/l en la época lluviosa y una media de 1.43 mg/l en la época seca y entre estaciones de muestreo si hay diferencia (Test de ANOVA  $p= 0.0430$ ) con una media de 2.28 mg/l en la estación seis, siendo superior en comparación al resto de valores por la presencia de materia orgánica, cabe recalcar que esta estación

de muestreo es la última por lo que los contaminantes o materia orgánica se acumulan y también hay la presencia de ganado lo cual implica presencia de estiércol en las riberas del río por lo tanto puede haber una alteración en cuanto a este parámetro (Figura 19).

Se conoce que los fosfatos forman parte de fertilizantes y estiércoles, de la materia orgánica que proviene de los desechos urbanos, industriales y residuos agrícolas, por lo general estas fuentes de contaminación son arrastradas o arrojadas a las acequias provocando un grave daño ambiental. Lo cual, es evidente en el río Pióter por los niveles de fosfatos que superan el límite ( $<0,1$  mg/l) al comparar con el nivel natural máximo de concentración al cual sometieron a comparación los valores de un estudio en el río Mendoza, Argentina, donde, los valores de concentración de fosfatos disminuyen a medida que el río Mendoza sigue su curso, considerando que esta disminución ocurre gracias a los procesos de adsorción del anión en las partículas de rocas que se encuentran en suspensión en el agua (Lavie, Morábito, Salatino, Bermejillo y Filippini, 2010).



**Figura 19.** Caja de bigotes que expresan los valores de fosfatos en la época lluviosa y época seca (A), y en las seis estaciones de muestreo (B)

#### 4.2.5. Comparación de los resultados con los Criterios de Calidad Admisibles de la normativa nacional interna

Se realizó una comparación para determinar si los valores de cada parámetro cumplen con la normativa nacional vigente (TULSMA), se comparó con la tabla 1 de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico, tabla 3 de calidad de aguas para riego agrícola, y tabla 9 límites de descarga de efluentes a un cuerpo de agua dulce (Tabla 5).

**Tabla 5.** Comparación de los resultados con los Criterios de Calidad Admisibles de la normativa nacional interna (TULSMA).

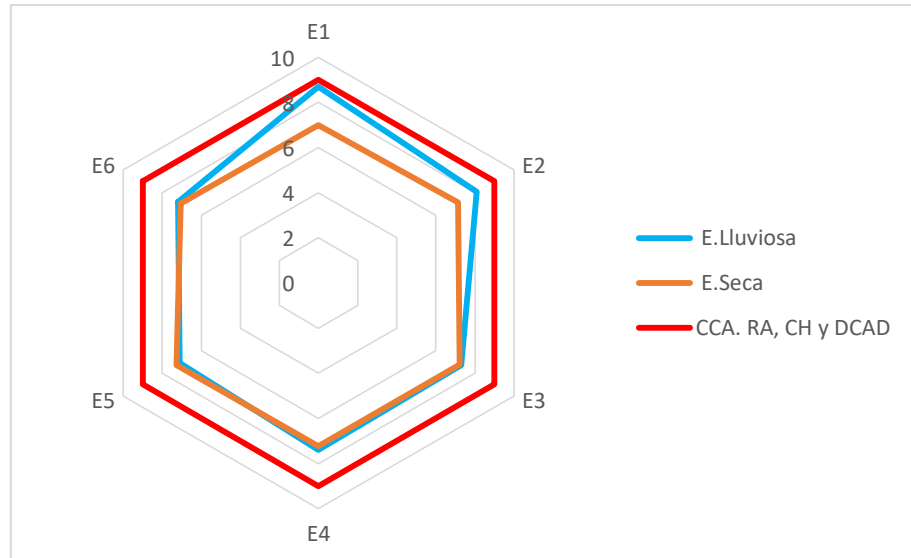
Parámetros	Unidades	Promedio		Consumo Humano y Doméstico (Tabla 1)	Riego Agrícola (Tabla 3)	Descarga de efluentes a un cuerpo de agua dulce (Tabla 9)
		E.L	E.S			
<i>E. Coli</i>	ufc/100 ml	1718	283337,33	1000	1000	2000
pH	pH	7,63	7,16	6-9	6-9	6-9
DBO <sub>5</sub>	mg/l	3,83	67,67	<2	-	100
NO <sub>3</sub>	mg/l	0,52	2,29	50	-	-
PO <sub>4</sub>	mg/l	0,37	1,43	-	-	fosforo total 10
T°	°C	11,35	10,3	-	-	-
Turbidez	NTU	9,38	27,97	100,0 UNT	-	-
SDT	mg/l	44	80,33	-	450	sólidos totales 1600
OD	mg/l	7,63	2,72	-	3mg/l	-
DQO	mg/l	17,88	134,17	<4	-	200
Conductividad	µS/cm	60,17	96,83	-	-	-

#### 4.2.5.1. Contaminación física

Los valores de pH en las dos épocas lluviosa y seca están dentro de los CCA (6-9) para riego agrícola, consumo humano y descarga de efluentes a un cuerpo de agua dulce. Sin embargo, en las estaciones uno y dos de la época lluviosa el pH tienden a ser básico. Ahora bien, en la época seca en todas las estaciones el pH está en un rango neutro lo cual es un medio donde no afecta al recurso hídrico (Figura 20).

Como se ha mencionado anteriormente, el agua con un pH demasiado alto puede provocar en muchos casos deficiencias de nutrientes en especial los micronutrientes,

y un pH demasiado bajo puede dar lugar a la toxicidad de los micronutrientes, siendo el caso de Mafla (2015) quien evaluó la calidad del agua en la microcuenca Huarmiyacu, Urcuquí, donde expone que los valores de pH se encuentran dentro de los criterio de calidad admisibles emitidos por el TULSMA, al igual que en este estudio donde los valores de pH de ambas épocas cumplen con los CCA.



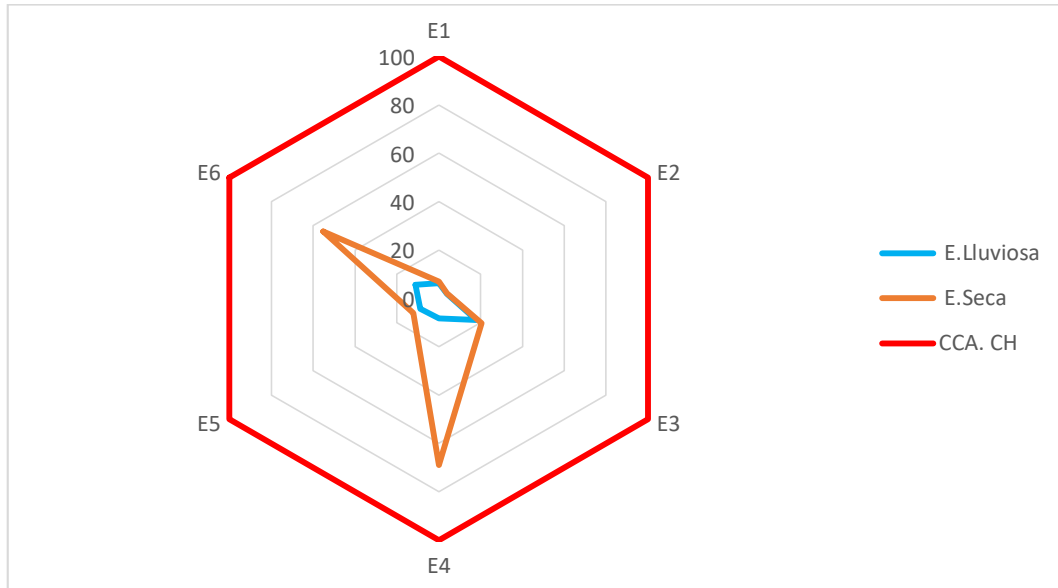
**Figura 20.** Comparación de pH (U de pH) con los Criterios de Calidad Admisibles (CCA) para Riego Agrícola (RA), Consumo Humano (CH) y Descarga de Efluentes a un Cuerpo de Agua Dulce (DCAD)

En cuanto a turbidez, en la época lluviosa y seca, los valores de todas las estaciones están dentro de los CCA (100 NTU) para consumo humano, aunque en la época seca el agua tiende a ser un poco más turbia en las estaciones 4 y 6. Sin embargo, cumple con los CCA (Figura 21).

La turbidez demuestra el grado en el cual el agua pierde su transparencia por la presencia de partículas en suspensión, crecimiento de algas, entre otros factores. En este estudio al igual que en el estudio de Arévalo (2015) donde evalúa el agua de las juntas administradora de agua potable, los valores cumplen con los criterios de calidad de agua admisibles para consumo humano y doméstico. Aunque, para que se una evaluación significativa como exige la norma técnica de medición se debe



realizar una evaluación significativa de al menos tres mediciones para determinar un promedio mensual.



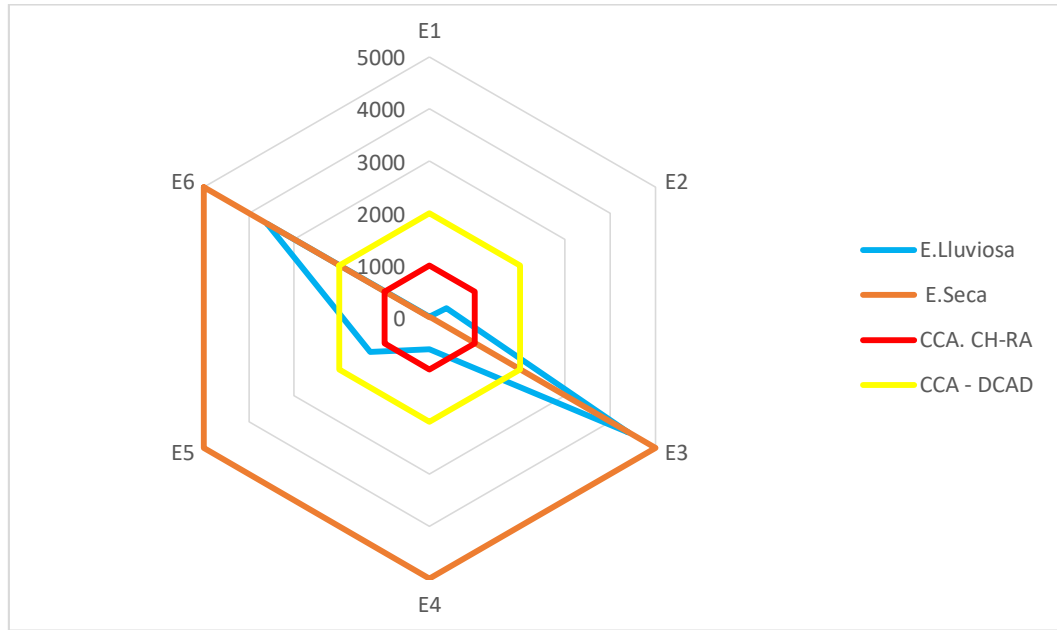
**Figura 21.** Comparación de la Turbidez (NTU) con los Criterios de Calidad Admisibles (CCA) para Consumo Humano (CH)

#### 4.2.5.2. Contaminación biológica

Respecto a *E.coli*, los valores de la primera y segunda estación de muestreo están dentro de los CCA 1000 NMP/100ml para consumo humano y riego agrícola y 2000 NMP/100ml para descarga de efluentes a un cuerpo de agua dulce. Sin embargo, en época lluviosa la tercera, quinta y sexta estación superan los CCA a diferencia de la cuarta estación que si cumple con dichos criterios, mientras que en la época seca los valores a partir de la tercera estación sobrepasan los CCA (Figura 22).

Baque, Simba, Gonzáles, Suatunce, Díaz y Cadme (2016) mencionan que las bacterias fecales provenientes de fuentes domésticas, son indicadoras de contaminación microbiana o viral, en su estudio realizado en el cantón Quevedo en agua para consumo humano obtuvieron datos de 1 NMP/100ml en la época lluviosa por lo tanto el agua no es apta para consumo humano ya que el valor estipulado en la

normativa Ecuatoriana INEN es de 0, mientras que en este estudio se compararon con las norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua presentes en el TULSMA donde la referencia para consumo humano es de 1000 NMP/100ml.



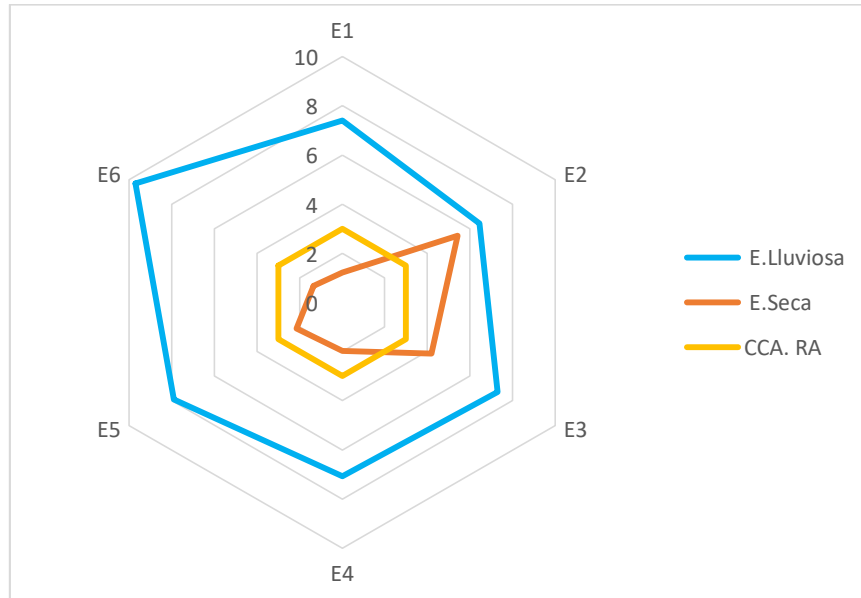
**Figura 22.** Comparación de *E.coli* (NMP/100ml) con los Criterios de Calidad Admisibles (CCA) para Consumo Humano (CH), Riego Agrícola (RA) y Descarga de Efluentes a un Cuerpo de Agua Dulce (DCAD)

#### 4.2.5.2. Contaminación orgánica

En el río Pioter, el Oxígeno Disuelto en la época lluviosa en todas las seis estaciones sobrepasa el criterio de calidad admisible (CCA) para uso en riego agrícola (RA) que es de 3 mg/L. Sin embargo, en la época seca solamente la estación 2 y 3 sobrepasa el CCA y el resto de estaciones cumplen con dicho criterio. Se considera que en la época seca las estaciones 1, 4, 5 y 6 el agua es de buena calidad (Figura 23).

En este estudio se comparó con la tabla de uso para riego agrícola a diferencia de Baque et al. (2016) quienes encontraron que el Oxígeno Disuelto (% saturación) analizado en un estudio en la época seca fue de 14,84 y en la época seca de 13,0 % de

saturación, dichos valores son aceptables al compararlos con la tabla de uso para consumo humano y doméstico del TULSMA.

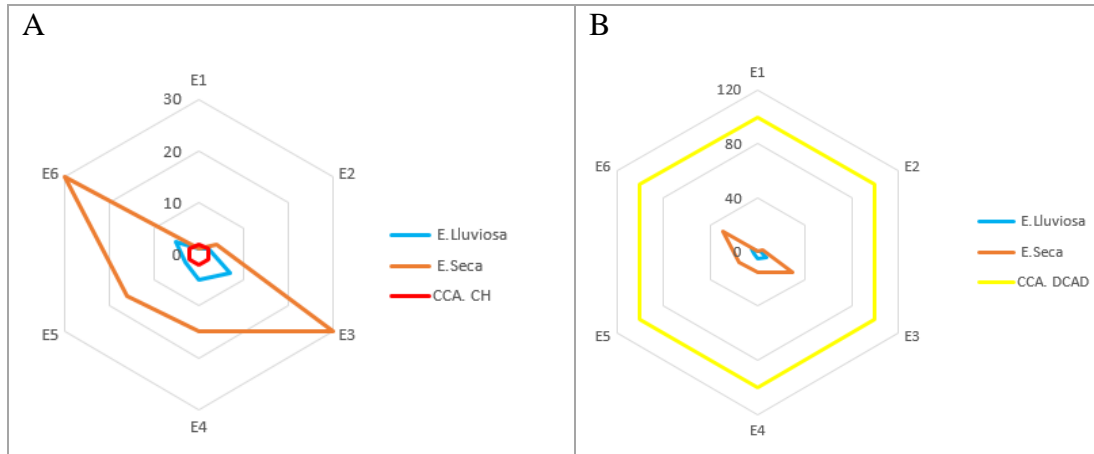


**Figura 23.** Comparación de Oxígeno Disuelto (%) con los Criterios de Calidad Admisibles (CCA) para uso de Riego Agrícola (RA)

La Demanda Bioquímica de Oxígeno los valores de la estación uno están dentro de los CCA (<2 mg/l) para consumo humano y doméstico en la época seca y lluviosa. Sin embargo, en ambas épocas los valores de la estación dos, tres, cuatro, cinco y seis sobrepasan a los CCA para consumo humano. No obstante, los valores de todas las estaciones excepto la estación seis están dentro de los CCA (100 mg/l) para descarga de efluentes a un cuerpo de agua dulce. En la estación los valores muestras que en este punto no existe suficiente oxígeno por lo que dificulta la descomposición de materia orgánica presente en el agua (Figura 24).

En un estudio del río Mira, Ecuador, Altamirano (2013) encontró que de 29 sitios de muestreo 21 sitios sobrepasan el límite máximo permisible en cuanto a la  $DBO_5$  siendo el 75 %, lo mismo ocurre en este estudio, donde más del 75 % de sitios de muestreo en ambas épocas no cumplen con el criterio de calidad admisible para uso

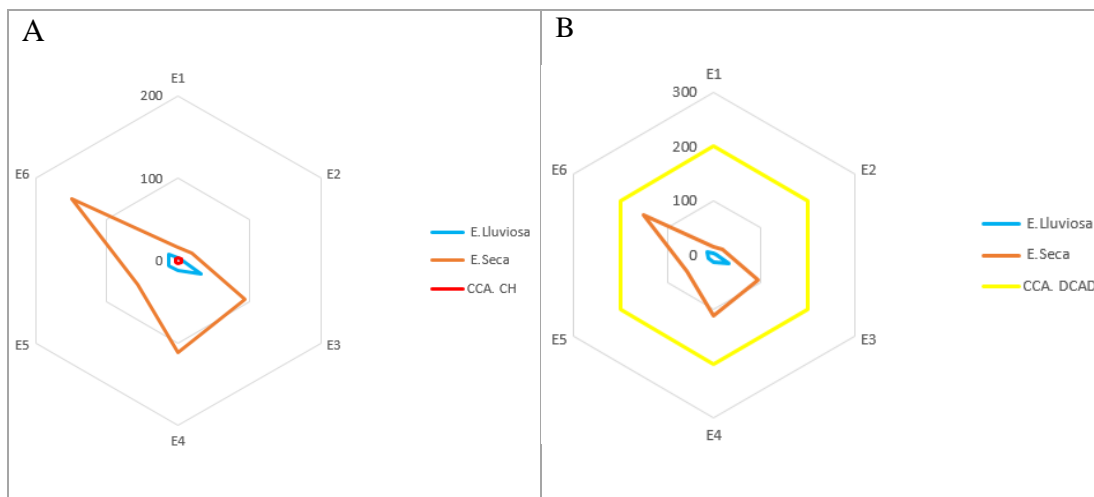
de consumo humano y doméstico. Esto se atribuye a que es un indicativo de la presencia de materia orgánica producto de las descargas de aguas residuales que son vertidas hacia el río Pioter.



**Figura 24.** Comparación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l) con los Criterios de Calidad Admisibles (CCA) para (A) Consumo Humano (CH) y (B) Descarga de Efluentes a un Cuerpo de Agua Dulce (DCAD)

La Demanda Química de Oxígeno donde los valores de la estación uno y dos de la época lluviosa cumplen con los CCA (4 mg/l) para consumo humano y doméstico y el resto de las estaciones de muestreo sobrepasan a los CCA. En el caso de los CCA (200 mg/l) para descarga de efluentes a un cuerpo de agua dulce todos los valores cumplen excepto el valor de la estación seis (Figura 25).

Considerando que la cantidad de demanda química de oxígeno en el agua es necesaria para oxidar los materiales contenidos en la misma, Narváez y Morales (2012) en un estudio realizado en la microcuenca del río Illangama en la provincia de Bolívar, demuestran que los valores de DQO cumplen con los criterios de calidad admisibles emitidos por el TULSMA, lo cual no ocurre en el presente estudio ya que en muchas estaciones de muestreo no cumplen con el CCA.

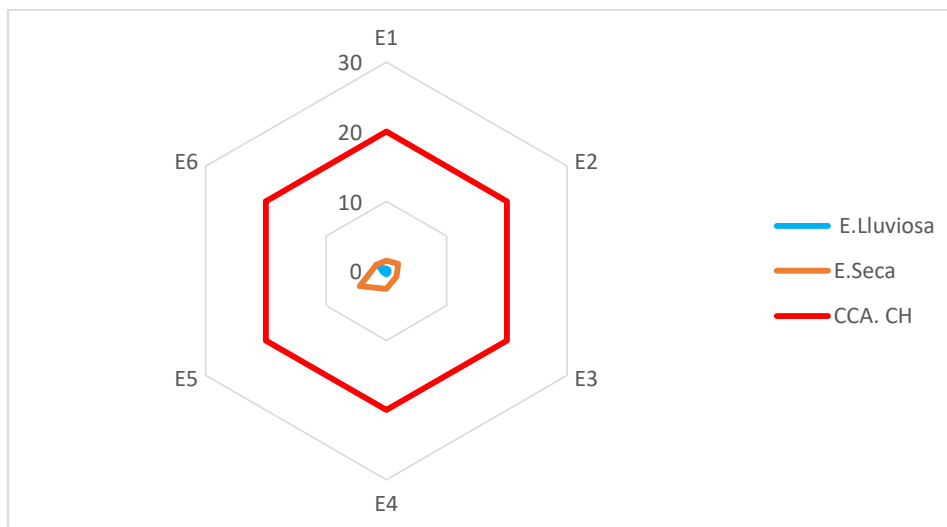


**Figura 25.** Comparación de la Demanda Química de Oxígeno (mg/l) con los Criterios de Calidad Admisibles (CCA) para (A) Consumo Humano (CH) y (B) Descarga de Efluentes a un Cuerpo de Agua Dulce (DCAD)

#### 4.2.5.3 Contaminación por nutrientes

Los valores de nitratos en todas las estaciones de muestreo en ambas épocas cumplen con los CCA (50 mg/l) para consumo humano. Sin embargo, los valores de la época seca son superiores a los de la época lluviosa. A pesar de ello, los valores son muy bajos respecto al CCA, esto indica que en el agua no hay contaminación por nutrientes ni eutrofización (Figura 26).

Los nitratos son reducidos a nitritos por la ausencia de oxígeno, cuando este parámetro sobrepasa los criterios de calidad admisibles se convierten en aguas dañinas para la salud humana. Baque et al (2016) quienes encontraron un valor de 0,42 mg/l en la época lluviosa y 0,4 mg/l en la época seca, en ese estudio dichos valores cumplen con los CCA (50mg/l). Al igual que en este estudio los valores de nitratos cumplen con criterio. Sin embargo, la presencia de nitratos en la época lluviosa posiblemente se debe a la presencia de lixiviados de fertilizantes, contaminación fecal de animales o contaminación fecal humana.



**Figura 26.** Comparación de Nitratos (mg/l) con los Criterios de Calidad Admisibles (CCA) para Consumo Humano (CH)

#### 4.2.6. Comparación de los resultados con los Límites Máximos Permisibles de normas internacionales

Se encontraron los promedios de los valores de cada parámetro analizado en este estudio, dichos promedios se sometieron a la comparación con la Norma Oficial Mexicana (NOM), donde el parámetro que no cumple con los Límites Máximos Permisibles (LMP) marcados por esta norma es la turbidez que sobrepasa el límite (5 NTU) en ambas épocas. De igual forma, se hizo la comparación con los LMP de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Agencia de Protección Ambiental (EPA), donde, los valores si cumplen con los LMP. Sin embargo, al hacer la comparación con los Estándares de Calidad de Ambiental (ECA) de Perú se observa que los parámetros  $DBO_5$ , Turbidez y DQO no cumplen con los LMP en ambas épocas y el parámetro OD y  $PO_4$  no cumplen con los LMP en la época seca. Así también, se comparó con la Norma Salvadoreña Obligatoria (NSO) donde los parámetros que sobrepasan los LMP son *E. Coli* y turbidez (Tabla 6).

Esto coincide con los resultados encontrados por Borbolla, Cruz, Piña, Fuente y Garrido (2003) quienes indican que el agua destinada para consumo humano debe

cumplir con las normas de calidad con la finalidad de evitar riesgos de enfermedades para las personas que son los principales actores que la utilizan. De igual manera, se encontró un estudio donde (Custodio y Pantoja, 2012) afirman que si los niveles de concentración de fosfatos superan los ECA, estos reflejarían problemas de eutrofización del recurso hídrico.

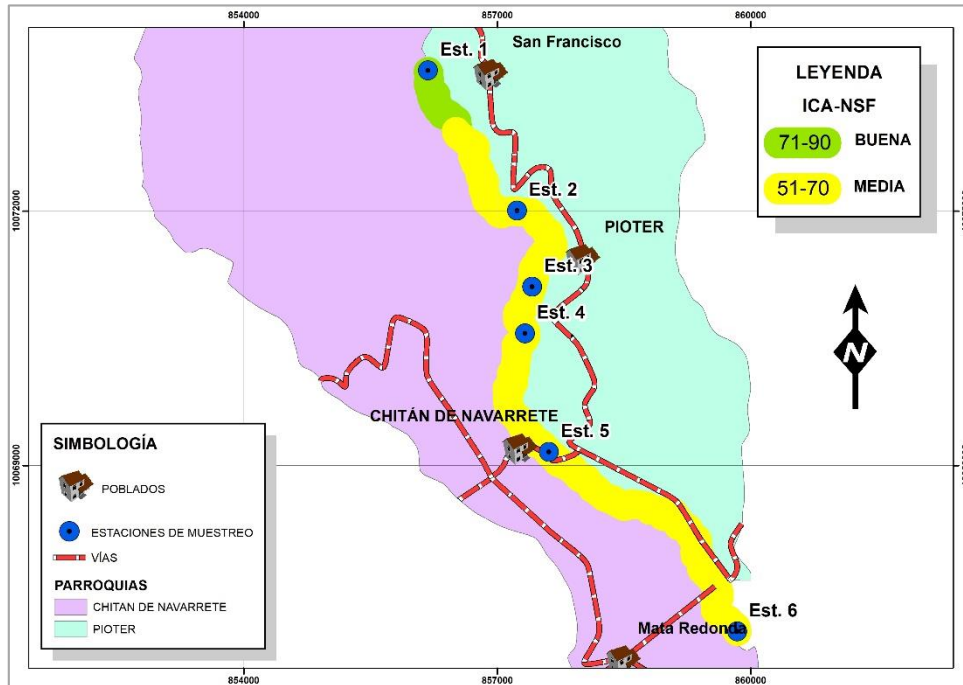
**Tabla 6.** Comparación de los resultados con los límites máximos permisibles de agua para consumo humano de la Norma Oficial Mexicana (NOM), Organización Mundial de la Salud (OMS), Agencia de Protección Ambiental (EPA), Estándares de Calidad Ambiental de Perú (ECA), Norma Salvadoreña Obligatoria (NSO).

Parámetros	Unidades	Promedio						
		E.L	E.S	NOM	OMS	EPA	ECA	NSO
<i>E. Coli</i>	ufc/100 ml	1718,00	283337,33	-	-	-	-	0
pH	pH	7,63	7,16	8,5	9,2	8,5	8,5	8,5
DBO <sub>5</sub>	mg/l	3,83	67,67	-	-	-	3	-
NO <sub>3</sub>	mg/l	0,52	2,29	10	50	10	50	45
PO <sub>4</sub>	mg/l	0,37	1,43	-	-	-	0,5	-
T°	°C	11,35	10,30	-	-	-	Δ3	-
Turbidez	NTU	9,38	27,97	5	5	-	5	5
SDT	mg/l	44,00	80,33	1000	-	-	1000	600
OD	mg/l	7,63	2,72	-	-	-	>6	-
DQO	mg/l	17,88	134,17	-	-	-	10	-
Conductividad	μS/cm	60,17	96,83	-	-	-	1500	-

#### 4.2.7. Determinación del Índice de Calidad de Agua

Water Quality Index (WQI), la cual fue desarrollada por la National Sanitation Foundation (ICA-NSF), que se basa en la evaluación de nueve parámetros, es un índice que goza de amplia difusión y aplicación (Quiroz, Izquierdo y Méndez, 2017). Sin embargo, Caho y Lopez (2017) en un estudio realizado en Bogotá usaron metodologías diferentes y manifiestan que, la metodología Universal Water Quality Index (UWQI) es ideal para evaluar rápidamente algún uso específico del agua por lo que permite inmediatez en la toma de decisiones y la metodología Canadian Water Quality Index (CWQI) es ideal para realizar evaluaciones espaciotemporales.

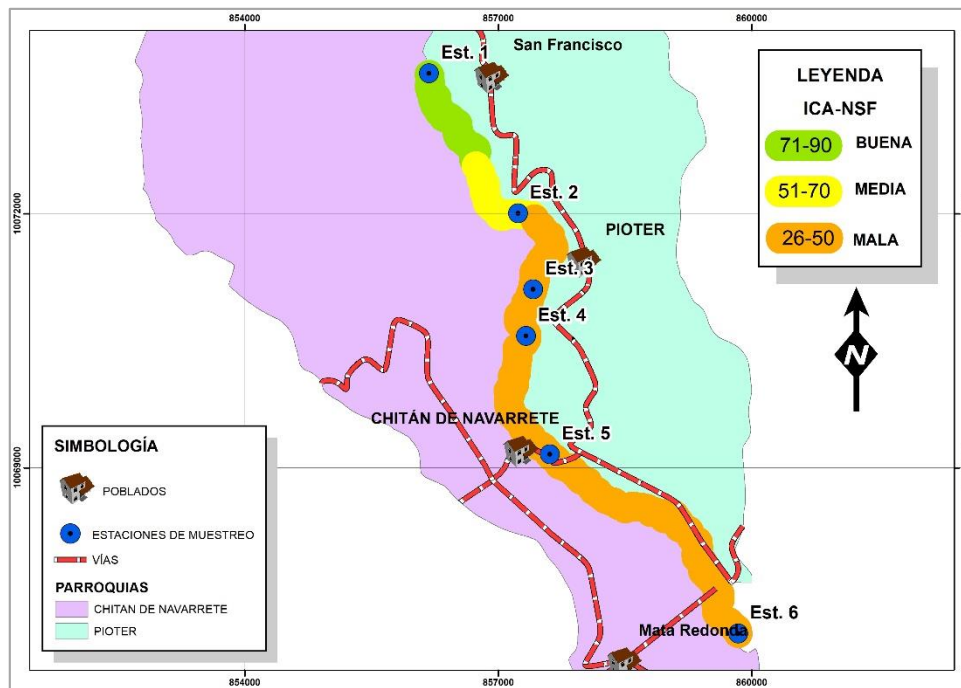
Los valores del ICA se muestran en forma espacial (por estación de muestreo). En la época lluviosa la estación uno posee un valor de ICA 72.41 el cual está dentro del rango 71-90 considerando agua de “Buena” calidad, a partir de la estación dos el agua posee un valor de ICA entre 51-70 por lo tanto el agua es de calidad “Media” (Figura 26).



**Figura 26.** Valores del Índice de Calidad de Agua (ICA-NSF) de la época lluviosa en las 6 estaciones de muestreo

Por otro lado, en la época seca el valor de ICA en la primera estación es de 72.46 considerando agua de “Buena” calidad, la segunda estación presenta un ICA de 62.2 por lo tanto es agua de calidad “Media”, a partir de la estación tres la calidad del agua es “Mala” ya que los valores están dentro del rango 26-50 (Figura 27).



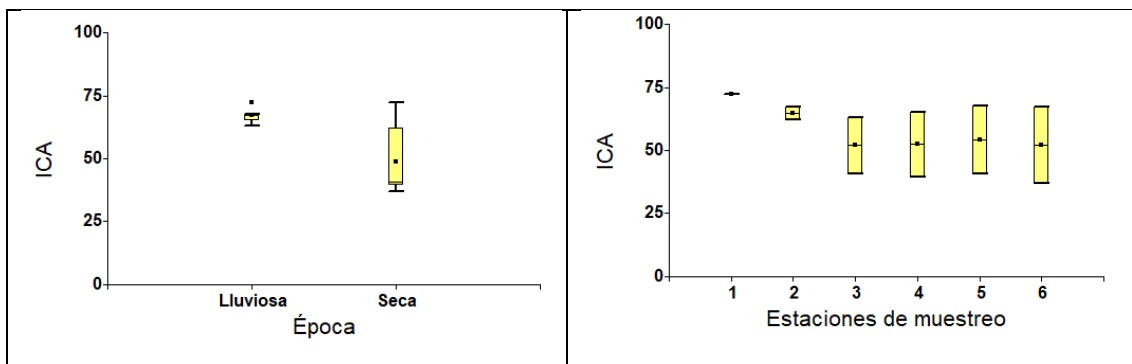


**Figura 27.** Valores del Índice de Calidad de Agua de la época seca en las 6 estaciones de muestreo

Un estudio realizado en la cuenca del río Mira, muestra que los rangos de calidad de agua para riego considerados por las *National Sanitation Foundation*, en los cuales 11 puntos de muestreo los que representan el 38%, están dentro del rango de calidad aceptable (71-90) por lo que estas aguas necesitan de un tratamiento menor para cultivos que requieren alta calidad de agua para riego, el 45% de los puntos muestreados comprendidos en el rango (51-71) que corresponde a agua contaminada leve lo que significa que se la puede utilizar en la mayoría de cultivos y finalmente el 17% del total de sitios de muestreo se ubicaron en el rango (31-50), correspondiente a calidad de agua contaminada, este tipo de calidad de agua requiere tratamiento en la mayoría de los cultivos (Altamirano, 2013). El valor del índice de calidad de agua registrado en el río Cunas, Perú calificó en el rango de 51 a 90, calidad media según la escala de clasificación que utiliza la NSF, se considera que la mayoría de usos puede darse, aunque las condiciones en pocas veces son cercanas a las naturales (Villanueva y Pantoja, 2012). En el Ecuador la metodología que se utiliza para el cálculo del ICA es la propuesta por Brown (1970) que es una versión modificada del

Respecto al valor del ICA, existe diferencia entre épocas (Prueba t Student  $p=0.0291$ ) considerando que los valores de la época lluviosa son superiores a los de la época seca, en cuanto a estaciones de muestreo no existe diferencia (Test de ANOVA  $p=0.1061$ ). Sin embargo, la media de la primera estación es de 72.43 entrando en el rango de 71-90 de calidad de agua buena, siendo superior al resto de valores los cuales están en un rango de 51-70 siendo agua de calidad media (Figura 28).

En un estudio realizado en un cuerpo lacustre en México los valores del ICA disminuyen debido a los efectos de las escorrentías y el ingreso de agua de mala calidad a través de los tributarios. Es así que, el análisis temporal del ICA muestra que existen diferencias significativas en las diferentes épocas de muestreo (Espinal, Sedeño y López, 2013).



**Figura 28.** Caja de bigotes que expresan los valores del Índice de Calidad de Agua en la época lluviosa y época seca (A), y en las seis estaciones de muestreo (B)

### 4.3. Elaboración de una propuesta de manejo del recurso hídrico

Todos los datos obtenidos dieron como resultado un diagnóstico ambiental del área de estudio, tomando en cuenta la problemática que engloba al recurso hídrico, esto permitió seleccionar programas de manejo con un enfoque de mejorar la calidad de agua del río Pioter con el fin de que cumpla con los Criterios de Calidad Admisibles (CCA), para que el agua esté disponible para cualquier uso que le den las personas al momento de realizar las diferentes actividades que se desarrollan en la zona. Es

indispensable organizar las acciones que promuevan el cumplimiento de los objetivos del Plan de Manejo Ambiental que permitan mitigar los impactos siguiendo la Estrategia Nacional de Calidad del Agua (ENCA).

---

**PROGRAMA DE CONSERVACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO**

---

**OBJETIVO DEL PROGRAMA:** Promover y conservar de manera sostenible las fuentes hídricas del río Pioter con el fin de garantizar el abastecimiento y conservación del agua

---

**METAS DEL PROGRAMA:**

- Proteger el recurso hídrico en todo su trayecto
  - Recuperar al menos el 50% de calidad del agua en la parte media y baja del río
- 

PROYECTO	ACTIVIDADES	RECURSOS	RESPONSABLE	SEGUIMIENTO (INDICADORES)	MEDIOS DE VERIFICACIÓN
				FECHA	
Prevención y mitigación de impactos	Definir y establecer zonas de protección de las fuentes hídricas.	Asistencia técnica	GAD Parroquial Pioter Junta de agua potable Pioter Beneficiarios Acequia riego Pioter.	6 meses	Registro fotográfico Informes técnicos
	Mingas de limpieza de las riberas del río	Mano de obra	GAD Parroquial Pioter Junta de agua potable Pioter Beneficiarios Acequia riego Pioter. Pobladores.	2 meses	Registro fotográfico Registro de asistencia
	Construcción de canales recolectores para que los residuos orgánicos/químicos lleguen a una planta de tratamiento.	Materiales, mano de obra	GAD Parroquial Pioter. Junta de agua potable Pioter. Beneficiarios Acequia riego Pioter. Pobladores.	1mes	Registro de asistencia Registro fotográfico

---

Manejo del recurso hídrico	Construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales.	Infraestructura	SENAGUA MAE GAD Parroquial Pioter Junta de agua potable Pioter Beneficiarios Acequia riego Pioter. Pobladores.	12 meses	Análisis de agua
	Controlar la distribución del agua del río Pioter.	Concesiones	SENAGUA	1mes	Documentos de concesiones
	Definir caudales ecológicos.	Asistencia técnica	GAD Parroquial Pioter Junta de agua potable Pioter Beneficiarios Acequia riego Pioter.	6 meses	Registro fotográfico Informes técnicos
Talleres de prevención y mitigación de impactos	Talleres de capacitación de buenas prácticas agrícolas.	Asistencia técnica	GAD Parroquial Pioter Junta de agua potable Pioter Beneficiarios Acequia riego Pioter. Pobladores	3 meses	Registro fotográfico Registro de asistencia
<b>INDICADORES ASOCIADOS</b>		Acciones correctivas realizadas/acciones correctivas programadas; Informes de limpieza y mantenimiento realizados/ Informes de limpieza y mantenimientos programados.			
<b>Observaciones</b>		Se realizarán análisis de agua frecuentemente			

---

**PROGRAMA DE CULTURA DEL AGUA**

---

**OBJETIVO DEL PROGRAMA:** Concientizar y sensibilizar a la población respecto al cuidado, uso responsable y eficiente del agua, de igual manera involucrar a organizaciones e instituciones competentes, con la finalidad de que las necesidades comunes de la sociedad sean tomadas en cuenta por el resto de actores del agua.

---

**META DEL PROGRAMA:**

- Consolidar la participación de los usuarios, la parroquia organizada y los pobladores en el manejo del agua para promover la cultura de su buen uso.
- 

PROYECTOS	ACTIVIDADES	RECURSOS	RESPONSABLE	SEGUIMIENTO (INDICADORES)	MEDIOS DE VERIFICACIÓN
				FECHA	
Talleres de capacitación y sensibilización	Sensibilizar y concientizar, sobre el uso y aprovechamiento del recurso hídrico a través de capacitaciones.	Material didáctico	GAD Parroquial Pioter Junta de agua potable Pioter Beneficiarios Acequia riego Pioter, SENAGUA, MAE.	2 meses	Registro fotográfico Registro de asistencia a las capacitaciones
Organización comunitaria	Promover la acción conjunta del gobierno central, GAD Parroquial y organizaciones comunitarias.	Convenios interinstitucionales	GAD Parroquial Pioter Junta de agua potable Pioter Beneficiarios Acequia riego Pioter, SENAGUA, MAE	2 meses	Registro fotográfico Convenio interinstitucional

---

Promover la participación social para la conservación y mejoramiento del estado ecológico del río a través de capacitaciones.	Cartas compromiso	GAD Parroquial Pioter Junta de agua potable Pioter Beneficiarios Acequia riego Pioter. SENAGUA MAE	2 meses	Registro fotográfico Registro de asistencia a las capacitaciones
<b>INDICADORES ASOCIADOS</b>	Capacitaciones realizadas/ capacitaciones programadas; Informes técnicos.			
<b>Observaciones</b>	Se realizarán capacitaciones frecuentes con temática ambiental.			

### PROGRAMA DE EDUCACIÓN AMBIENTAL

**OBJETIVO DEL PROGRAMA:** Educar, fortalecer y capacitar en el establecimiento educativo “César Borja” y población en general, para lograr una comprensión básica del medio ambiente.

**METAS DEL PROGRAMA:**

- Fomentar talleres con temáticas que engloban la protección de recurso hídrico.
- Motivar al menos 70 % de niños niñas y jóvenes en la realización de actividades que contribuyan la conservación del río.

PROYECTOS	ACTIVIDADES	RECURSOS	RESPONSABLE	SEGUIMIENTO (INDICADORES)	MEDIOS DE VERIFICACIÓN
				FECHA	

Capacitaciones lúdicas sobre educación ambiental	Involucrar a niños, niñas y adolescentes, en temas de educación ambiental, específicamente en el cuidado y protección del recurso hídrico.	Material didáctico	GAD Parroquial Pioter Junta de agua potable Pioter Beneficiarios Acequia riego Pioter, SENAGUA, MAE, Institución Educativa.	6 meses	Registro fotográfico. Registro de asistencia a las capacitaciones.
	Mediante diferentes estrategias (vídeo, carteles, dramas, salidas ecológicas, pintura) se motiva a la comunidad educativa “César Borja” para que demuestre interés por las fuentes hídricas.	Material didáctico, proyector	GAD Parroquial Pioter Junta de agua potable Pioter Beneficiarios Acequia riego Pioter, SENAGUA, MAE, Institución Educativa.	12 meses	Registro fotográfico. Registro de asistencia a capacitaciones.
Clubes ecológicos	Formar clubes ecológicos con niños, niñas y jóvenes, orientando sus actividades hacia la protección y conservación del agua.	Recursos económicos	GAD Parroquial Pioter Junta de agua potable Pioter Beneficiarios Acequia riego Pioter, SENAGUA, MAE, Institución Educativa.	6 meses	Registro fotográfico. Convenios interinstitucionales.
<b>INDICADORES ASOCIADOS</b>		Capacitaciones realizadas/ capacitaciones programadas; Informes técnicos; Proyectos desarrollados; Actividades realizadas.			
<b>Observaciones</b>		Se realizarán actividades frecuentes con temática del cuidado y protección del agua.			



---

## PROGRAMA DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO

---

**OBJETIVO DEL PROGRAMA:** Verificar el cumplimiento permanente de la ejecución de las actividades propuestas.

---

**META DEL PROGRAMA:**

- Identificar los cambios en el recurso hídrico a partir de la implementación del programa.
- 

PROYECTO	ACTIVIDADES	RECURSOS	RESPONSABLE	SEGUIMIENTO (INDICADORES)	MEDIOS DE VERIFICACIÓN
				FECHA	
Evaluación y monitoreo del recurso hídrico	Realizar monitoreo continuo de parámetros físicos, químicos, microbiológicos y biológicos en los puntos indicados en este trabajo (se podría reducir la estación 1) y al menos dos veces al año en época seca y lluviosa.	Equipos de monitoreo (multiparámetro, Phmetro) GPS, libreta de campo, cámara fotográfica, envases para la recolección de muestras.	GAD Parroquial Pioter Junta de agua potable Pioter Beneficiarios Acequia riego Pioter Equipo técnico.	12 meses	Registro fotográfico. Resultados de análisis. Ficha de campo.
Seguimiento, control y administración	Examinar las actividades de los programas propuestos de manera que en conjunto se pueda mitigar los impactos hacia el río.	Matriz de seguimiento	GAD Parroquial Pioter Junta de agua potable Pioter Beneficiarios Acequia riego Pioter.	3 meses	Registro fotográfico Informes de seguimientos

---

<p>El monitoreo del plan de manejo ambiental debe ser realizado por personas desinteresadas, presidentes de las comunidades o delegados de las directivas, para que establezcan realmente los cambios positivos o negativos.</p>	<p>Matriz de seguimiento</p>	<p>GAD Parroquial Pioter Junta de agua potable Pioter Beneficiarios Acequia riego Pioter.</p>	<p>2 meses</p>	<p>Registro fotográfico. Informes de seguimientos.</p>
<p><b>INDICADORES ASOCIADOS</b></p>	<p>Informes técnicos; Proyectos desarrollados; Actividades realizadas, Cambios positivos o negativos en la aplicación del Plan de Manejo Ambiental.</p>			
<p><b>Observaciones</b></p>	<p>Se realizarán seguimientos frecuentes para verificar el cumplimiento del Programa.</p>			

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- Para el establecimiento de las estaciones de muestreo se consideró que el agua es usada para riego agrícola y abrevaderos de los animales, donde la principal fuente de contaminación son las descargas de aguas residuales, otro factor es la accesibilidad hacia el cuerpo de agua ya que algunas zonas del terreno es muy escarpado en la parte alta del río, estas características han permitido el establecimiento de seis estaciones de muestreo. Por lo tanto, en el río Pioter en base al uso y aprovechamiento del agua se determina que no debe trabajarse en más de seis estaciones de muestreo debido a la longitud del río y también a las limitaciones económicas que implican los procesos de monitoreo del agua.
- La calidad de agua en la primera y segunda estación de muestreo es buena. Sin embargo, en la época seca en la parte media y baja del río sobre todo en lo que respecta a carga orgánica, los parámetros: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) y Demanda Química de Oxígeno (DQO) en un 66.6% y 16.6% de estaciones de muestreo no cumplen con los criterios de calidad admisibles para consumo humano y descarga de efluentes a un cuerpo de agua dulce respectivamente.
- En la parte media y baja del río también se presenta una contaminación biológica donde los valores de *E. coli* superan los criterios de calidad admisibles para consumo humano y descarga de efluentes a un cuerpo de agua dulce. Por lo tanto, los niveles de calidad de agua no son similares en cuanto a estaciones de muestreo y épocas como se puede comprobar en los parámetros mencionados anteriormente.

- El Índice de Calidad de Agua aplicado en este estudio (ICA-NSF) muestra que la primera estación de muestreo presenta agua de buena calidad en la época lluviosa y seca con un valor de 72,41 y 72,46 respectivamente, debido a que no existen fuentes de contaminación en la parte alta del río. Sin embargo, en la parte media y baja del río se encuentra el principal foco de contaminación que son las descargas de aguas residuales por lo que la calidad del agua es “media” con valores del ICA entre 51-70 en época lluviosa y “mala” con valores de ICA 26-50 en época seca, por tal motivo el uso de este recurso debe ser restringido.
- La propuesta de manejo del recurso hídrico se basa en cuatro enfoques, que son: i) Programa de conservación del recurso hídrico. ii) Programa de cultura de agua. iii) Programa de educación ambiental. iv) Programa de monitoreo y seguimiento.

## **5.2. Recomendaciones**

- Tomando como línea base este proyecto, es conveniente seguir monitoreando de forma periódica la calidad del agua del río Pioter, incluso se puede agregar indicadores biológicos, como macroinvertebrados, peces, perifiton, y así conocer el estado ecológico del agua. También se pueden agregar otros parámetros fisicoquímicos tomando en cuenta las estrategias de muestreo presentadas en esta investigación.
- Evaluar la calidad del agua del río Pioter aplicando el índice usado en este estudio para poder comparar valores de futuras investigaciones, que conlleven a visualizar amplia y precisamente lo que sucede con el recurso hídrico a través del tiempo y el espacio.
- Tomar en cuenta los programas establecidos en la propuesta de manejo del recurso hídrico, donde el GAD Parroquial, la Junta Administradora de Agua Potable, la Junta de Agua de Riego, la Institución Educativa “Cesar Borja” y la

comunidad en general, trabajen en conjunto con el propósito de conservar y proteger las fuentes hídricas.

## REFERENCIAS

- Acero, W., Anchundia, J., Sulca, J. y Cordero, F. (2015). Cuenca Río Mira. *Estudios e investigaciones hidrológicas*, 16-112
- Aguilar, E., López, F., Flores, N. y Morgan, L. (1999). Apoyo para políticas y estrategias de manejo integrado de recursos hídricos en América Central.
- Altamirano, M. (2013). *Estudio hidroquímico y de calidad del agua superficial en la Cuenca del río Mira*. (Tesis de Pregrado). Universidad Central del Ecuador, Quito.
- Álvarez, J., Panta, J., Ayala, C. y Acosta, E. (2008). Integral Quality of Surface Water in Rio Amajac Watershed. *Información Tecnológica*, 19(6), 21-32.
- Arévalo, G. (2015). *Evaluación de la calidad y cantidad de agua de las juntas administradoras de agua potable del cantón Montufar para el diseño de un plan de mejoramiento y aprovechamiento adecuado* (Tesis de Pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador
- Aznar, A y Barba, A. (2014). Determinación de los parámetros fisicoquímicos de calidad de las aguas. *Gestión Ambiental*, 2(23), 12-19.
- Baccaro, K., Dogorgue, M., Lucca, M., Picone, L., Zamuner, E. y Andreoli, Y. (2006). Quality of water for human consumption and irrigation from samples of the horticultural belt of Mar del Plata. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 35(3), 95-110.
- Barrenechea, A. (2004). Aspectos fisicoquímicos de la calidad de agua. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2-56.
- Baque, R., Simba, L., González, B., Suatunce, P., Diaz, E. y Cadme L. (2016). Quality of water intended for human consumption in a canton of Ecuador. *Revista Ciencia UNEMI*, 9(20), 109-117. Quevedo, Los Ríos Ecuador
- Beamonte, E., Casino, A., Veres, E. y Bermudez, J. (2004). Un indicador global para la calidad del agua. Aplicación a las aguas superficiales de la Comunidad Valenciana. *Estadística Española*, 46(156), 357-384.

- Binder, W. (2006). River restoration projects along the Isar (Germany). Bachelor of Water Management. (2013). System Analysis of the Guadalete River Basin. *Ecology system assessment of the river and its environment*.
- Bolaños, M. y Cabrera, C. (2006). Identification and appraisalment of the main pollution sources of Vilcanota River in the Calca - Urubamba sector. *Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG*, 9(17), 97-106.
- Borbolla, M., Cruz, L., Piña, O., Fuente, J. y Garrido, S. (2003). Calidad de agua en Tabasco. *Salud en Tabasco*, 9(1), 170-177.
- Bucher, E., Castro, G. y Floris, V. (1997). Conservación de ecosistemas de agua dulce: Hacia una estrategia de manejo integrado de recursos hídricos.
- Bussettini, M. (2018). Flujos medioambientales en la gestión integrada y sostenible de los recursos hídricos. *Boletín de la Organización Meteorológica Mundial*, 67(1), 67-76.
- Brown, R., McClelland, N., Deninger, R. y Tozer, R. (1970). A water quality index: do we dare? *Water and Sewage Works*, 117(10), 339-334.
- Caho, C y López, E. (2017). Determination of the water quality index for the western section of the TorcaGuaymaral wetland using UWQI and CWQI methodologies. *Producción más Limpia*, 12(2), 35-49
- Carrasco, W. (2011). Políticas públicas para la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento en las áreas rurales
- Caruso, B. (2001). Regional river flow, water quality, aquatic ecological impacts and recovery from drought. *Hydrological Sciences Journal*, 46(5), 677-699.
- Catillo, F. y Morales, D. (2012). *Propuesta de plan de manejo del recurso hídrico en la microcuenca del río Illangma, Subcuenca del río Chimbo, Provincia de Bolívar* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. (2004). Aspectos fisicoquímicos de la Calidad del Agua, *Tratamiento de agua para consumo humano*. Lima

- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. (2002). *Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano*. Lima.
- Custodio, M. y Pantoja, R. Anthropogenic impacts in water quality of Cunas River. (2012). *Apuntes Ciencias Sociales*, 2(2), 130-137.
- Chapman, D. (1996). *Evaluaciones de la calidad del agua: una guía para el uso de biota, sedimentos y agua en el monitoreo ambiental*. Prensa CRC.
- Das, J. y Acharya, B. (2003). Hydrology and Assessment of Lotic Water Quality in Cuttack City, India. *Water, Air and Soil Pollution*, 150(6), 163-175.
- Demetracopoulos, A. y Heinz, S. (1983). Model of Mississippi River Pool Dissolved Oxygen. *Journal of Environmental Engineering*, 109(5). doi:10.1061/(ASCE)0733- 9372(1983)109:5(1020).
- Department of Environment and Science. (2018). *Monitoring and Sampling Manual: Environmental Protection (Water) Policy*. Brisbane: Department of Environment and Science Government.
- Durán, M. y Torres, A. (2006). Los problemas del abastecimiento de agua potable en una ciudad media. *Espiral (Guadalajara)*, 12(36), 58.
- Espinal, T., Sedeño, J. y López, E. (2013). Evaluation of the water quality of Yuriria lagoon, Guanajuato, Mexico, using multivariate techniques an evaluation analysis of two periods, 2005, 2009-2010. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29(3), 147-163.
- Fernández, G. (2009). La crisis del agua en América Latina. *Revista Estudios Culturales*, 11(4), 80-96.
- Fernández, A. (2012). Water, an essential resource. *Química verde*, 11(3), 147-170.
- Fernández, N. y Solano, F. (2005). *Índices de Calidad de Agua e Índices de Contaminación*. Universidad de Pamplona, Colombia
- Fernández, M., Rodríguez, D., García, I., Santana, M. y Córdova, V. (2015). Comportamiento de la contaminación orgánica de la bahía de Santiago de Cuba. *Redalcy*, 1(1), 29-42.



- Franek, A., Koncagul, E., Connor, R. y Hunzike, D. (2015). Informe de las Naciones Unidas sobre los recursos hídricos en el mundo. Recuperado de [http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWR\\_2015Facts\\_Figures\\_SPA\\_web.pdf](http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWR_2015Facts_Figures_SPA_web.pdf)
- García, J. (2005). Análisis de datos en los estudios epidemiológicos V Prueba de Chi cuadrado y Análisis de la varianza. *Nure investigación*, 16(1).
- García, M., Carvajal, Y. y Jiménez, H. (2007). La gestión integrada de los recursos hídricos como estrategia de adaptación al cambio climático. *Ingeniería y Competitividad*, 9(1), 19-29.
- García, R. (2012). Manual de prácticas de laboratorio de Sanitaria. Recuperado de [http://fing.uach.mx/licenciaturas/IC/2012/01/26/MANUAL\\_LABORATORIO\\_DE\\_SANITARIA.pdf](http://fing.uach.mx/licenciaturas/IC/2012/01/26/MANUAL_LABORATORIO_DE_SANITARIA.pdf)
- García, N., Puentes, O. y Montalvo, J. (2008). Contaminación orgánica en el sector de la bahía de buena vista cercano a la desembocadura del río Guanó, Villa Clara, Cuba. *Revista Cubana de Química*, 20(3), 39-46.
- Gonzales, V., Caicedo, O. y Aguirre, N. (2013). Aplicación de los índices de calidad de agua. *Revista Gestión y Ambiente*, 16(1), 97-108.
- Gobierno Autónomo Descentralizado de Pioter. (2016). Actualización del Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia Pioter Cantón Tulcán-Carchi.
- Gobierno Autónomo Descentralizado de Pioter. (2011). Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del área rural de la parroquia Pioter del cantón Tulcán, provincia del Carchi.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquia Rural de Chitán de Navarretes (2015). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial.
- Holguín, C., Rubio, H., Olave, M., Saucedo, R., Gutiérrez, M. y Bautista, R. (2006). Calidad del agua del río Conchos en la región de Ojinaga, Chihuahua: Parámetros fisicoquímicos, metales y metaloides. *Universidad y Ciencia*, 22(1), 51-63.

- Interconsulting Bureau. (2017). *Calidad de Aguas: Usos y Aprovechamiento*. Recuperado de <https://books.google.com.ec/books?id=VhUwDwAAQBAJ>
- Informe del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP). (2016). *A Snapshot of the World's Water Quality: Towards a global assessment*. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya. 162
- Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos. (2017). *Aguas residuales el recurso desaprovechado*.
- Instituto Nacional de Economía y Censos. (2010). *Censo de población y vivienda*.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2014).
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2005). *Estudio Hidrológico del río Mira*.
- Isch, E. (2011). *Contaminación de las aguas y políticas para enfrentarla*. Quito, Ecuador: Graphus
- Jiménez, A. (2000). Determinación de los parámetros fisicoquímicos de calidad de las aguas. *Revista Interdisciplinaria de Gestión Ambiental*, 2(23), 12-19.
- Jiménez, M y Vélez, M. (2006). Análisis Comparativo de indicadores de la calidad de agua superficial. *Avances en los recursos hidráulicos*, 14.
- Larrea, J., Rojas, M., Romeu, B. y Heydrich, M. (2013). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 44(3), 24-34
- Lavie, E., Morábito, J., Salatino, S., Bermejillo, A. y Filippini, M. (2010). Phosphate pollution in the oasis irrigated by the Mendoza River. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*. 42(1), 169-184.
- Lecca, E. y Ruíz, E. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Industrial Data*, 17(1), 71-80.
- Lecca, E. (2013). Tratado del agua y legislación peruana. *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial*, 16(2), 106-117
- Lord, W. y Morris, I. (1996). *Una estrategia para fomentar y facilitar una mejor ordenación de los recursos hídricos en América Latina y el Caribe*. Banco Interamericano de Desarrollo.

- Mafla, Z. (2015). Evaluación de la calidad y cantidad de agua y propuesta de manejo de la microcuenca Huarmiyacu, en la parroquia San Blas, cantón San Miguel de Urucuquí (Tesis de Pregrado), Ibarra, Ecuador.
- Mancilla, O., Ortega, H., Ramírez, C., Uscanga, E., Ramos, R. y Reyes, A. (2012). Metales pesados totales y arsénico en el agua para riego de Puebla y Veracruz, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 28 (1), 39-48
- Maldonado, J. (2009). Ciudades y contaminación ambiental. *Revista de ingeniería*, 1(30), 66-71.
- Ministerio del Ambiente. (2015). Texto Unificado de Legislación Secundaria.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. (2012).
- Ministerio de Salud Pública del Ecuador, Vigilancia y control de la calidad del agua. (2004). Vigilancia y control de la calidad del agua en situaciones de emergencia y desastre.
- Mejía, M. (2005). *Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras* (Tesis de Postgrado). Escuela de Postgrado, Turrialba, Costa Rica.
- Monforte, G. y Cantú, P. (2009). Escenario del agua en México. *Culcyt*, 6(30).
- Nava, G. (2011). *Manual de instrucciones para la toma, preservación y transporte de muestras de agua de consumo humano para análisis de laboratorio*. Bogotá: Instituto Nacional de Salud, 95.
- Narváez, F. y Morales, D. (2012). *Propuesta de plan de manejo del recurso hídrico en la microcuenca del río Illangama, subcuenca del río Chimbo, provincia de Bolívar* (Tesis de Pregrado), Ibarra, Ecuador.
- Olgín, E., González, R., Sánchez., Zamora, J. y Owen, T. (2010). Contaminación de ríos urbanos: El caso de la subcuenca del río Sordo en Xalapa, Veracruz, México. *Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal*, 1(2), 178-190.
- Olmos, R. (2003). *El agua en el medio ambiente: muestreo y análisis*. Plaza y Valdés.

- Orellana, J. (2005). Características del agua potable, *Ingeniería Sanitaria UTN-FRRO* (p.2).
- Organización Meteorológica Mundial. (1997). ¿Hay suficiente agua en el mundo?. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
- Orozco, C., Pérez, A., Gonzales, M., Rodríguez, F. y Alfayate, J. (2005). Contaminación Ambiental: Una visión desde la Química. España: Thomson Editoriales Spain Paraninfo, S.A
- Pazmiño, J., Zambrano, G. y Coello, H. (2018). Modelización de la calidad del agua del estero aguas Claras, cantón Quevedo, Ecuador. *DYNA*, 85(204), 204-214. doi: 10.15446/dyna.v85n204.65847
- Pérez, I. (2016). *Agua, pH y Equilibrio Químico: Entendiendo el efecto del dióxido de Carbono en la Acidificación de los océanos*. México: Secretaría de Educación Pública.
- Picone, L., Andreoli, Y., Costa, J., Crespo, L., Nannini, J. y Tambascio, W. (2003). Nitrate and coliform bacteria evaluation in wells of the upper pantanoso stream basin. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 32(1), 99-110.
- Preul., H. (1967). Control de la contaminación del agua. *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo*, 1, 55-26.
- Prieto, J., Gonzales, C., Roman, A. y Prieto, F. (2009). Plant contamination and phytotoxicity due to heavy metals from soil and wáter. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10(1), 29-44.
- Quiroz, L., Izquierdo, E. y Méndez, C. (2017). Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 38(3), 41-51.
- Raffo, E. y Ruiz, E. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Industrial Data*, 17(1), 71-80.
- Ramos, S., Broca, L., Laines, J. y Carrera, J. (2012). Tendencia de la calidad del agua en ríos de Tabasco, México. *Ingeniería*, 16(3), 207-217.


- Ramos, R., Sepúlveda, R. y Villalobos, F. (2003). *El agua en el medio ambiente: muestreo y análisis*. Mexicali, Baja California: Plaza y Valdés, S.A. de C.V.
- Rivera, R., Palacios, O., Chávez, J., Belmont, M., Nikolski, I., Bauer, M., Guzmán, A., Terrazas, L. y Carrillo, R. (2007). Coliforms and helminthes pollution in the Texcoco, Chapingo and San Bernardino Rivers at the east Part of the Mexican Valley watershed. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 23(2), 69-77.
- Rivera, M., Rodríguez, C. y López, J. (2009). Contaminación fecal en hortalizas que se expenden en mercados de la ciudad de Cajamarca, Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 26(1), 45-48.
- Ríos, T., Agudelo, C. y Gutiérrez, B. (2017). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 35(2), 236-247.
- Romero, S., García, J., Valdez, B. y Vega, M. (2010). Water Quality for Recreational Activities of the Hardy River in the Mexican-U.S. Border Region. *Información tecnológica*, 21(5), 69-78.
- Rosero, K. (2016). *Establecimiento de un nuevo índice de calidad de aguas basado en la presencia de diatomeas epilíticas y epifitas en los andes ecuatorianos*. (Tesis de Pregrado). Universidad Internacional SEK, Quito.
- Rubio, H., Ortiz, R., Quintana, R., Saucedo, R., Ochoa, J. y Rey, N. (2014). Water quality index (WQI) in the dam La Boquilla in Chihuahua, Mexico. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 1(2), 139-150.
- Samboni, N., Carvajal, Y. y Escobar, J. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Revista Ingeniería e investigación*, 27(3), 172-181.
- Sarabia, I., Cisneros, R., Aceves, J., Durán, H. y Castro, J. (2011). Calidad del agua de riego en suelos agrícolas y cultivos del valle de san Luis potosí, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 27(2), 103-113.
- Sardiñas, O., Chiroles, S., Fernández, M., Hernández, Y. y Pérez, A. (2006).

- Evaluación físicoquímica y microbiológica del agua de la presa El Cacao (Cotorro, Cuba). *Higiene y Sanidad Ambiental*, 6, 202-206.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo y Secretaría Nacional del Agua. (2017). Plan Binacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico de las cuencas transfronterizas Carchi- Guaitara y Mira- Mataje.
- Secretaría Nacional del Agua. (2010). Línea base para el monitoreo de la calidad del agua de riego en la Demarcación Hidrográfica del Guayas, Quito: SENAGUA.
- Sierra, C. (2016). *Calidad de agua: evaluación y diagnóstico*. Medellín, Colombia: Ediciones de la U.
- Simbaña, K., Romero, D., Yáñez, G., Benavidez, D. y Navarrete, H. (2019). Evaluación de la calidad del agua del río Pita, Ecuador, Implicación para la conservación de la vida acuática y silvestre. *Infoanalítica* 7(2), 71-93.
- Soto, C. y Reina, E. (2012). *Análisis de la calidad del agua en la subcuenca del río Coca. Estudio técnico: DNCA – DHN – 12 – 01*. Coca, Ecuador: Secretaría Nacional del Agua
- Taco, C., Vistín, G., Rosero, V., López, O. y Fonseca, W. (2017). The productive activities and their relation with the water pollution of the Negroyacu Microcuenca, in Guaranda, Ecuador. *Revista Ciencia UNEMI*, 10(22), 88-97.
- Van Hofwegen, P. y Jaspers, F. (200). Marco analítico para el manejo integrado de recursos hídricos.
- Torres, P., Cruz, C. y Patiño, P. (2009). Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 8(15), 79-94.
- Torres, M., Salazar, F., y Paz, K. (2019). Métodos de recolección de datos para una investigación.
- Toro, M., Robles, S., Avilés, J., Nuño, C., Vivas, S., Bonada, N., Prat, N., Tercedor, J., Casas, J., Guerrero, C., Cuéllar, P., Moreno, J., Moyá, G., Ramon, G., Suárez, M., Vidal, R., Alvarez, M., Pardo, I. (2002). Calidad de las aguas de

- los ríos mediterráneos del proyecto GUADALMED. Características físicoquímicas. *Limnética*, 21(3), 63-75.
- United States Environmental Protection Agency, J. (1996). *Method 1669: Sampling ambient water for trace metals at EPA water quality criteria levels*. US Environmental Protection Agency. Office of Water, Washington, DC.
- Valdes, J., Samboni, N. y Carvajal, Y. (2011). Desarrollo de un Indicador de la Calidad del Agua usando Estadística Aplicada, Caso de Estudio: Subcuenca Zanjón Oscuro. *Revista Tecnológicas*, (26), 165-180.
- Vega, F. (2009). *Desarrollo y Aplicación de un Índice de Calidad de Agua para ríos en Puerto Rico* (Tesis de Posgrado). Universidad de Puerto Rico; Mayaguez, Puerto Rico.
- Villamagua, G. (2012). *Gestión Integrada de los Recursos Hídricos*. UICN Mesoamérica
- Wang, H., Hondzo, C., Xu, V., Poole, A. y Spacie, A. (2003). Dissolved oxygen dynamics of streams raining an urbanized and an agricultural catchment. *Ecological Modelling* 160 (1-2), 145-161. Doi: 10.1016/S0304-3800(02)00324-1
- Weemaels, N. (2009). Uso y aprovechamiento del agua: situación nacional y propuesta. En A. Acosta y E. Martínez (Ed.), *Agua un derecho fundamental* (pp. 83-121). Quito, Ecuador: Abya-Yala.
- World Health Organization. (2008). *Guidelines for Drinking-water Quality*. Vol.1, Recommendations. 3rd ed.

## ANEXOS

### Anexo 1. Reporte de análisis de laboratorio EMAPA-I de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en la primera estación de muestreo en época lluviosa


**LABORATORIO EMAPA-I**

---

<b>INFORME DE ENSAYO DE AGUA POTABLE Y/O CRUDA</b>	FMC2305-01
Informe de Ensayo Nro: IECE19-296	Pág. 1 de 2

---

**Cliente:** Dayanara Vizcaino  
**Dirección:** Av. Víctor Manuel Guzmán y Pasquel Monge

---

**Fecha de recepción:** 02 de mayo de 2019  
**Identificación muestra:** Muestra 1

---

**Fecha de realización de ensayos:** 02-08/05/2019      **Fecha de emisión:** 10 de mayo de 2019  
**Tipo de muestra:** Cruda  
**Cod. Lab:** MEC19-067

---

#### REPORTE DE ANÁLISIS FÍSICOS

PARÁMETROS	Unidades	MUESTRA	Valores de Referencia <sup>1</sup>	Método del Ensayo
Sólidos disueltos totales (TDS)**	mg/l	33	-	SM 2510 B
Turbiedad**	NTU	6,15	5	SM 2130 B

#### REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICOS

PARÁMETROS	Unidades	MUESTRA	Valores de Referencia <sup>1</sup>	Método del Ensayo
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	< 3	-	PEE-EMAPA-I-003 (HACH 8000)
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )**	mg/l	1,0	-	SM 5210 D
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )**	mg/l	0,3	50	Método HACH 8039
Fosfatos (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )**	mg/l	0,17	-	Método HACH 8048

#### REPORTE DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

PARÁMETROS	Unidades	MUESTRA	Valores de Referencia <sup>1</sup>	Método del Ensayo
E. Coli**	ufc/100ml	20	< 1 (No se observan colonias)	SM 9222B


**\*Observaciones:**

Dirección: Av. Atahualpa 21-323, Planta de Tratamiento Caranqui, Telf. (06) 2641-176 ext:117, laboratorioemapai@gmail.com  
 Ibarra - Ecuador



**Anexo 2. Reporte de análisis de laboratorio EMAPA-I de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en la segunda estación de muestreo en época lluviosa**



**LABORATORIO EMAPA-I**

---

<b>INFORME DE ENSAYO DE AGUA POTABLE Y/O CRUDA</b>	FMC2305-01
--	------------

---

Informe de Ensayo Nro: IECE19-297 Pág. 1 de 2

---

Cliente: Dayanara Vizcaino  
 Dirección : Av. Víctor Manuel Guzmán y Pasquel Monge

---

Fecha de recepción: 02 de mayo de 2019  
 Identificación muestra: Muestra 2

---

Fecha de realización de ensayos: 02-08/05/2019 Fecha de emisión: 10 de mayo de 2019

---

Tipo de muestra: Cruda  
 Cod. Lab: MEC19-068

---

**REPORTE DE ANÁLISIS FÍSICOS**

PARÁMETROS	Unidades	MUESTRA	Valores de Referencia <sup>1</sup>	Método del Ensayo
Sólidos disueltos totales (TDS)**	mg/l	32	-	SM 2510 B
Turbiedad**	NTU	3,86	5	SM 2130 B

**REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICOS**

PARÁMETROS	Unidades	MUESTRA	Valores de Referencia <sup>1</sup>	Método del Ensayo
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	< 3	-	PEE-EMAPA-I-003 (HACH 8000)
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )**	mg/l	2,0	-	SM 5210 D
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )**	mg/l	0,4	50	Método HACH 8039
Fosfatos (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )**	mg/l	0,17	-	Método HACH 8048


**REPORTE DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS**

PARÁMETROS	Unidades	MUESTRA	Valores de Referencia <sup>1</sup>	Método del Ensayo
E. Coli**	ufc/100ml	368	< 1 (No se observan colonias)	SM 9222B

**\*Observaciones:**

Dirección: Av. Atahualpa 21-323, Planta de Tratamiento Caranqui, Telf. (06) 2641-176 ext:117, laboratorioemapai@gmail.com  
Ibarra - Ecuador

**Anexo 3. Reporte de análisis de laboratorio EMAPA-I de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en la tercera estación de muestreo en época lluviosa**


**LABORATORIO EMAPA-I**

---

<b>INFORME DE ENSAYO DE AGUA POTABLE Y/O CRUDA</b>	FMC2305-01
--	------------

---

Informe de Ensayo Nro: IECE19-298 Pág. 1 de 2

---

Cliente: Dayanara Vizcaino

---

Dirección : Av. Víctor Manuel Guzmán y Pasquel Monge

---

Fecha de recepción: 02 de mayo de 2019

---

Identificación muestra: Muestra 3

---

Fecha de realización de ensayos: 02-08/05/2019 Fecha de emisión: 10 de mayo de 2019

---

Tipo de muestra: Cruda

---

Cod. Lab: MEC19-069

---

**REPORTE DE ANÁLISIS FÍSICOS**

PARÁMETROS	Unidades	MUESTRA	Valores de Referencia <sup>1</sup>	Método del Ensayo
Sólidos disueltos totales (TDS)**	mg/l	42	-	SM 2510 B
Turbiedad**	NTU	18,0	5	SM 2130 B

**REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICOS**

PARÁMETROS	Unidades	MUESTRA	Valores de Referencia <sup>1</sup>	Método del Ensayo
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	32,0	-	PEE-EMAPA-I-003 (HACH 8000)
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )**	mg/l	7,0	-	SM 5210 D
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )**	mg/l	0,4	50	Método HACH 8039
Fosfatos (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )**	mg/l	0,38	-	Método HACH 8048

**REPORTE DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS**



PARÁMETROS	Unidades	MUESTRA	Valores de Referencia <sup>1</sup>	Método del Ensayo
E. Coli**	ufc/100ml	4400	< 1 (No se observan colonias)	SM 9222B

**\*Observaciones:**

---

Dirección: Av. Atahualpa 21-323, Planta de Tratamiento Caranqui , Telf. (06) 2641-176 ext:117, laboratorioemapai@gmail.com  
Ibarra - Ecuador

**Anexo 4. Reporte de análisis de laboratorio EMAPA-I de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en la cuarta estación de muestreo en época lluviosa**



**LABORATORIO EMAPA-I**

---

<b>INFORME DE ENSAYO DE AGUA POTABLE Y/O CRUDA</b>	<b>FMC2305-01</b>
Informe de Ensayo Nro: IECE19-299	Pág. 1 de 2

---

**Cliente:** Dayanara Vizcaino

**Dirección:** Av. Víctor Manuel Guzmán y Pasquel Monge

---

**Fecha de recepción:** 02 de mayo de 2019

**Identificación muestra:** Muestra 4

---

**Fecha de realización de ensayos:** 02-08/05/2019      **Fecha de emisión:** 10 de mayo de 2019

**Tipo de muestra:** Cruda

**Cod. Lab:** MEC19-070

---

**REPORTE DE ANÁLISIS FÍSICOS**

PARÁMETROS	Unidades	MUESTRA	Valores de Referencia <sup>1</sup>	Método del Ensayo
Sólidos disueltos totales (TDS)**	mg/l	45	-	SM 2510 B
Turbiedad**	NTU	8,29	5	SM 2130 B

**REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICOS**

PARÁMETROS	Unidades	MUESTRA	Valores de Referencia <sup>1</sup>	Método del Ensayo
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	12,0	-	PEE-EMAPA-I-003 (HACH 8000)
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )**	mg/l	5,0	-	SM 5210 D
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )**	mg/l	0,5	50	Método HACH 8039
Fosfatos (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )**	mg/l	0,52	-	Método HACH 8048



**REPORTE DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS**

PARÁMETROS	Unidades	MUESTRA	Valores de Referencia <sup>1</sup>	Método del Ensayo
E. Coli**	ufc/100ml	608	< 1 (No se observan colonias)	SM 9222B

**\*Observaciones:**

Dirección: Av. Atahualpa 21-323, Planta de Tratamiento Caranqui, Telf. (06) 2641-176 ext:117, laboratorioemapa@gmail.com  
Ibarra - Ecuador

**Anexo 5. Reporte de análisis de laboratorio EMAPA-I de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en la quinta estación de muestreo en época lluviosa**



**LABORATORIO EMAPA-I**  
**LABORATORIO**

---

<b>INFORME DE ENSAYO DE AGUA POTABLE Y/O CRUDA</b>	FMC2305-01
--	------------

---

Informe de Ensayo Nro: IECE19-300 Pág. 1 de 2

---

Cliente: Dayanara Vizcaino

---

Dirección : Av. Víctor Manuel Guzmán y Pasquel Monge

---

Fecha de recepción: 02 de mayo de 2019

---

Identificación muestra: Muestra 5

---

Fecha de realización de ensayos: 02-08/05/2019 Fecha de emisión: 10 de mayo de 2019

---

Tipo de muestra: Cruda

---

Cod. Lab: MEC19-071

---

**REPORTE DE ANÁLISIS FÍSICOS**

PARÁMETROS	Unidades	MUESTRA	Valores de Referencia <sup>1</sup>	Método del Ensayo
Sólidos disueltos totales (TDS)**	mg/l	51	-	SM 2510 B
Turbiedad**	NTU	8,75	5	SM 2130 B

**REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICOS**

PARÁMETROS	Unidades	MUESTRA	Valores de Referencia <sup>1</sup>	Método del Ensayo
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	13,0	-	PEE-EMAPA-I-003 (HACH 8000)
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )**	mg/l	3,0	-	SM 5210 D
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )**	mg/l	0,5	50	Método HACH 8039
Fosfatos (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )**	mg/l	0,46	-	Método HACH 8048



**REPORTE DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS**

PARÁMETROS	Unidades	MUESTRA	Valores de Referencia <sup>1</sup>	Método del Ensayo
E. Coli**	ufc/100ml	1312	< 1 (No se observan colonias)	SM 9222B

**\*Observaciones:**

Dirección: Av. Atahualpa 21-323, Planta de Tratamiento Caranqui, Telf. (06) 2641-176 ext:117, laboratorioemapal@gmail.com  
Ibarra - Ecuador

**Anexo 6.** Reporte de análisis de laboratorio EMAPA-I de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en la sexta estación de muestreo en época lluviosa



**LABORATORIO EMAPA-I**

---

<b>INFORME DE ENSAYO DE AGUA POTABLE Y/O CRUDA</b>	FMC2305-01
--	------------

---

Informe de Ensayo Nro: IECE19-301 Pág. 1 de 2

---

Cliente: Dayanara Vizcaino

Dirección : Av. Víctor Manuel Guzmán y Pasquel Monge

---

Fecha de recepción: 02 de mayo de 2019

Identificación muestra: Muestra 6

---

Fecha de realización de ensayos: 02-08/05/2019 Fecha de emisión: 10 de mayo de 2019

Tipo de muestra: Cruda

Cod. Lab: MEC19-072

---

**REPORTE DE ANÁLISIS FÍSICOS**

PARÁMETROS	Unidades	MUESTRA	Valores de Referencia <sup>1</sup>	Método del Ensayo
Sólidos disueltos totales (TDS)**	mg/l	61	-	SM 2510 B
Turbiedad**	NTU	11,2	5	SM 2130 B

**REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICOS**

PARÁMETROS	Unidades	MUESTRA	Valores de Referencia <sup>1</sup>	Método del Ensayo
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	14,0	-	PEE-EMAPA-I-003 (HACH 8000)
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )**	mg/l	5,0	-	SM 5210 D
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )**	mg/l	1,0	50	Método HACH 8039
Fosfatos (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )**	mg/l	0,51	-	Método HACH 8048

**REPORTE DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS**

PARÁMETROS	Unidades	MUESTRA	Valores de Referencia <sup>1</sup>	Método del Ensayo
E. Coli**	ufc/100ml	3600	< 1 (No se observan colonias)	SM 9222B

**\*Observaciones:**

Dirección: Av. Atahualpa 21-323, Planta de Tratamiento Caranqui, Telf. (06) 2641-176 ext:117, laboratorioemapai@gmail.com  
Ibarra - Ecuador

**Anexo 7. Reporte de análisis de laboratorio EMAPA-I de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en la primera estación de muestreo en época seca**



**LABORATORIO EMAPA-I**

<b>INFORME DE ENSAYO</b>		FIIR 7.8-01 Revisión 01
Informe de Ensayo Nro: IECE19-036		Pág. 1 de 2
Cliente: Dayanara Vizcaino Dirección: Ibarra		
Fecha de recepción: 13 de Agosto 2019		Toma de muestra realizada por: El Cliente
Identificación muestra cliente: Muestra tomada río Pioter punto 1		
Tipo de muestra: Cruda		
Código de Laboratorio: MEC19-004		Lugar de análisis: Laboratorio Emapa-I
Fecha de realización de ensayos: 13 de Agosto 2019		Fecha de emisión informe: 23 de Agosto 2019

REPORTE DE ANÁLISIS FÍSICOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	MÉTODO DE ENSAYO	UNIDADES	RESULTADOS	Incertidumbre expandida con K=2	<sup>(1)</sup> LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
			MEC19-004		
Turbiedad (*)	Standard Methods 2130B	NTU	6,94	N/A	100,0
Sólidos Totales disueltos (*)	Standard Methods 2510B	mg/l	51	N/A	-

REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	MÉTODO DE ENSAYO	UNIDADES	RESULTADOS	Incertidumbre expandida con K=2	<sup>(1)</sup> LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
			MEC19-004		
Nitratos (*)	Método HACH 8039	mg /l	1,5	N/A	50,0
Fosfatos (*)	Método HACH 8048	mg /l	0,15	N/A	-
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> ) (*)	Standard Methods 5210 D	mg /l	1	N/A	< 2
Demanda química de oxígeno (DQO) (*)	Método HACH 8000	mg /l	16	N/A	< 4

REPORTE DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	MÉTODO DE ENSAYO	UNIDADES	RESULTADOS	Incertidumbre expandida con K=2	<sup>(1)</sup> LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
			MEC19-004		
<i>E. coli</i> (*)	Standard Methods 9222B	UFC/100ml	2	N/A	1000 NMP/100ml

**Anexo 8.** Reporte de análisis de laboratorio EMAPA-I de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en la segunda estación de muestreo en época seca



**LABORATORIO EMAPA-I**

<b>INFORME DE ENSAYO</b>		FIR 7.8-01 Revisión 01
Informe de Ensayo Nro: IECE19-037		Pág. 1 de 2
Cliente: Dayanara Vizcaino Dirección: Ibarra		
Fecha de recepción: 13 de Agosto 2019	Toma de muestra realizada por: El Cliente	
Identificación muestra cliente: Muestra tomada río Pioter punto 2		
Tipo de muestra: Cruda		
Código de Laboratorio: MEC19-005	Lugar de análisis: Laboratorio Emapa-I	
Fecha de realización de ensayos: 13 de Agosto 2019	Fecha de emisión informe: 23 de Agosto 2019	

REPORTE DE ANÁLISIS FÍSICOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	MÉTODO DE ENSAYO	UNIDADES	RESULTADOS	Incertidumbre expandida con K=2	<sup>(1)</sup> LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
			MEC19-005		
Turbiedad (*)	Standard Methods 2130B	NTU	4,06	N/A	100,0
Sólidos Totales disueltos (*)	Standard Methods 2510B	mg/l	49	N/A	-

REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	MÉTODO DE ENSAYO	UNIDADES	RESULTADOS	Incertidumbre expandida con K=2	<sup>(1)</sup> LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
			MEC19-005		
Nitratos (*)	Método HACH 8039	mg /l	1,97	N/A	50,0
Fosfatos (*)	Método HACH 8048	mg /l	0,28	N/A	-
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> ) (*)	Standard Methods 5210 D	mg /l	4	N/A	< 2
Demanda química de oxígeno (DQO) (*)	Método HACH 8000	mg /l	19	N/A	< 4

REPORTE DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	MÉTODO DE ENSAYO	UNIDADES	RESULTADOS	Incertidumbre expandida con K=2	<sup>(1)</sup> LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
			MEC-19-005		
<i>E. coli</i> (*)	Standard Methods 9222B	UFC/100ml	22	N/A	1000 NMP/100ml

**Anexo 9.** Reporte de análisis de laboratorio EMAPA-I de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en la tercera estación de muestreo en época seca



**LABORATORIO EMAPA-I**

<b>INFORME DE ENSAYO</b>	FIIR 7.8-01 Revisión 01
Informe de Ensayo Nro: IECE19-038	Pág. 1 de 2
Cliente: Dayanara Vizcaino Dirección: Ibarra	
Fecha de recepción: 13 de Agosto 2019	Toma de muestra realizada por: El Cliente
Identificación muestra cliente: Muestra tomada río Pioter punto 3	
Tipo de muestra: Cruda	
Código de Laboratorio: MEC19-006	Lugar de análisis: Laboratorio Emapa-i
Fecha de realización de ensayos: 13 de Agosto 2019	Fecha de emisión informe: 23 de Agosto 2019

**REPORTE DE ANÁLISIS FÍSICOS**

PARÁMETROS ANALIZADOS	MÉTODO DE ENSAYO	UNIDADES	RESULTADOS	Incertidumbre expandida con K=2	<sup>(3)</sup> LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
			MEC19-006		
Turbiedad (*)	Standard Methods 2130B	NTU	20,5	N/A	100,0
Sólidos Totales disueltos (*)	Standard Methods 2510B	mg/l	79	N/A	-

**REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICOS**

PARÁMETROS ANALIZADOS	MÉTODO DE ENSAYO	UNIDADES	RESULTADOS	Incertidumbre expandida con K=2	<sup>(3)</sup> LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
			MEC19-006		
Nitratos (*)	Método HACH 8039	mg /l	1,68	N/A	50,0
Fosfatos (*)	Método HACH 8048	mg /l	1,28	N/A	-
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> ) (*)	Standard Methods 5210 D	mg /l	30	N/A	< 2
Demanda química de oxígeno (DQO) (*)	Método HACH 8000	mg /l	93	N/A	< 4

**REPORTE DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS**

PARÁMETROS ANALIZADOS	MÉTODO DE ENSAYO	UNIDADES	RESULTADOS	Incertidumbre expandida con K=2	<sup>(3)</sup> LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
			MEC-19-006		
<i>E. coli</i> (*)	Standard Methods 9222B	UFC/100ml	124000	N/A	1000 NMP/100ml



**Anexo 10.** Reporte de análisis de laboratorio EMAPA-I de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en la cuarta estación de muestreo en época seca



**LABORATORIO EMAPA-I**

<b>INFORME DE ENSAYO</b>		FIR 7.8-01 Revisión 01
Informe de Ensayo Nro: IECE19-039		Pág. 1 de 2
Cliente: Dayanara Vizcaino Dirección: Ibarra		
Fecha de recepción: 13 de Agosto 2019	Toma de muestra realizada por: El Cliente	
Identificación muestra cliente: Muestra tomada río Pioter punto 4		
Tipo de muestra: Cruda		
Código de Laboratorio: MEC19-007	Lugar de análisis: Laboratorio Emapa-I	
Fecha de realización de ensayos: 13 de Agosto 2019	Fecha de emisión informe: 23 de Agosto 2019	

**REPORTE DE ANÁLISIS FÍSICOS**

PARÁMETROS ANALIZADOS	MÉTODO DE ENSAYO	UNIDADES	RESULTADOS	Incertidumbre expandida con K=2	<sup>(1)</sup> LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
			MEC19-007		
Turbiedad (*)	Standard Methods 2130B	NTU	69,1	N/A	100,0
Sólidos Totales disueltos (*)	Standard Methods 2510B	mg/l	72	N/A	-

**REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICOS**

PARÁMETROS ANALIZADOS	MÉTODO DE ENSAYO	UNIDADES	RESULTADOS	Incertidumbre expandida con K=2	<sup>(1)</sup> LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
			MEC19-007		
Nitratos (*)	Método HACH 8039	mg /l	2,62	N/A	50,0
Fosfatos (*)	Método HACH 8048	mg /l	1,42	N/A	-
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> ) (*)	Standard Methods 5210 D	mg /l	15	N/A	< 2
Demanda química de oxígeno (DQO) (*)	Método HACH 8000	mg /l	112	N/A	< 4

**REPORTE DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS**

PARÁMETROS ANALIZADOS	MÉTODO DE ENSAYO	UNIDADES	RESULTADOS	Incertidumbre expandida con K=2	<sup>(1)</sup> LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
			MEC-19-007		
<i>E. coli</i> (*)	Standard Methods 9222B	UFC/100ml	8000	N/A	1000 NMP/100ml

**Anexo 11.** Reporte de análisis de laboratorio EMAPA-I de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en la quinta estación de muestreo en época seca



**LABORATORIO EMAPA-I**

<b>INFORME DE ENSAYO</b>		FIIR 7.8-01 Revisión 01
Informe de Ensayo Nro: IECE19-040		Pág. 1 de 2
<p style="text-align: center;"><b>Cliente:</b> Dayanara Vizcaíno <b>Dirección:</b> Ibarra</p>		
<p><b>Fecha de recepción:</b> 13 de Agosto 2019</p>		<p><b>Toma de muestra realizada por:</b> El Cliente</p>
<p><b>Identificación muestra cliente:</b> Muestra tomada río Pioter punto 5</p>		
<p><b>Tipo de muestra:</b> Cruda</p>		
<p><b>Código de Laboratorio:</b> MEC19-008</p>		<p><b>Lugar de análisis:</b> Laboratorio Emapa-I</p>
<p><b>Fecha de realización de ensayos:</b> 13 de Agosto 2019</p>		<p><b>Fecha de emisión informe:</b> 23 de Agosto 2019</p>

**REPORTE DE ANÁLISIS FÍSICOS**

PARÁMETROS ANALIZADOS	MÉTODO DE ENSAYO	UNIDADES	RESULTADOS	Incertidumbre expandida con K=2	<sup>(1)</sup> LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
			MEC19-008		
Turbiedad (*)	Standard Methods 2130B	NTU	12,0	N/A	100,0
Sólidos Totales disueltos (*)	Standard Methods 2510B	mg/l	84	N/A	-

**REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICOS**

PARÁMETROS ANALIZADOS	MÉTODO DE ENSAYO	UNIDADES	RESULTADOS	Incertidumbre expandida con K=2	<sup>(1)</sup> LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
			MEC19-008		
Nitratos (*)	Método HACH 8039	mg /l	4,35	N/A	50,0
Fosfatos (*)	Método HACH 8048	mg /l	1,4	N/A	-
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> ) (*)	Standard Methods 5210 D	mg /l	16	N/A	< 2
Demanda química de oxígeno (DQO) (*)	Método HACH 8000	mg /l	57	N/A	< 4

**REPORTE DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS**

PARÁMETROS ANALIZADOS	MÉTODO DE ENSAYO	UNIDADES	RESULTADOS	Incertidumbre expandida con K=2	<sup>(1)</sup> LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
			MEC19-008		
<i>E. coli</i> (*)	Standard Methods 9222B	UFC/100ml	1336X10 <sup>3</sup>	N/A	1000 NMP/100ml

**Anexo 12.** Reporte de análisis de laboratorio EMAPA-I de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en la sexta estación de muestreo en época seca



**LABORATORIO EMAPA-I**

<b>INFORME DE ENSAYO</b>		FIIR 7.8-01 Revisión 01
Informe de Ensayo Nro: IECE19-041		Pág. 1 de 2
Cliente: Dayanara Vizcaino Dirección: Ibarra		
Fecha de recepción: 13 de Agosto 2019		Toma de muestra realizada por: El Cliente
Identificación muestra cliente: Muestra tomada río Pioter punto 6		
Tipo de muestra: Cruda		
Código de Laboratorio: MEC19-009		Lugar de análisis: Laboratorio Emapa-I
Fecha de realización de ensayos: 13 de Agosto 2019		Fecha de emisión informe: 23 de Agosto 2019

REPORTE DE ANÁLISIS FÍSICOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	MÉTODO DE ENSAYO	UNIDADES	RESULTADOS	Incertidumbre expandida con K=2	<sup>(1)</sup> LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
			MEC19-009		
Turbiedad (*)	Standard Methods 2130B	NTU	55,2	N/A	100,0
Sólidos Totales disueltos (*)	Standard Methods 2510B	mg/l	147	N/A	-

REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICOS

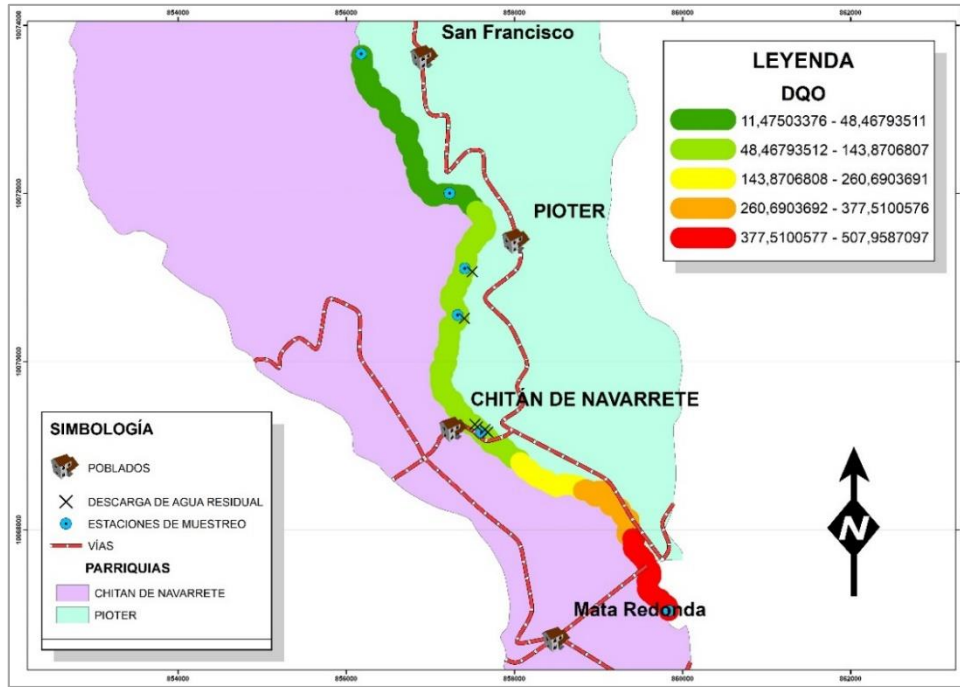
PARÁMETROS ANALIZADOS	MÉTODO DE ENSAYO	UNIDADES	RESULTADOS	Incertidumbre expandida con K=2	<sup>(1)</sup> LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
			MEC19-009		
Nitratos (*)	Método HACH 8039	mg /l	1,63	N/A	50,0
Fosfatos (*)	Método HACH 8048	mg /l	4,04	N/A	-
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> ) (*)	Standard Methods 5210 D	mg /l	340	N/A	< 2
Demanda química de oxígeno (DQO) (*)	Método HACH 8000	mg /l	508	N/A	< 4

REPORTE DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

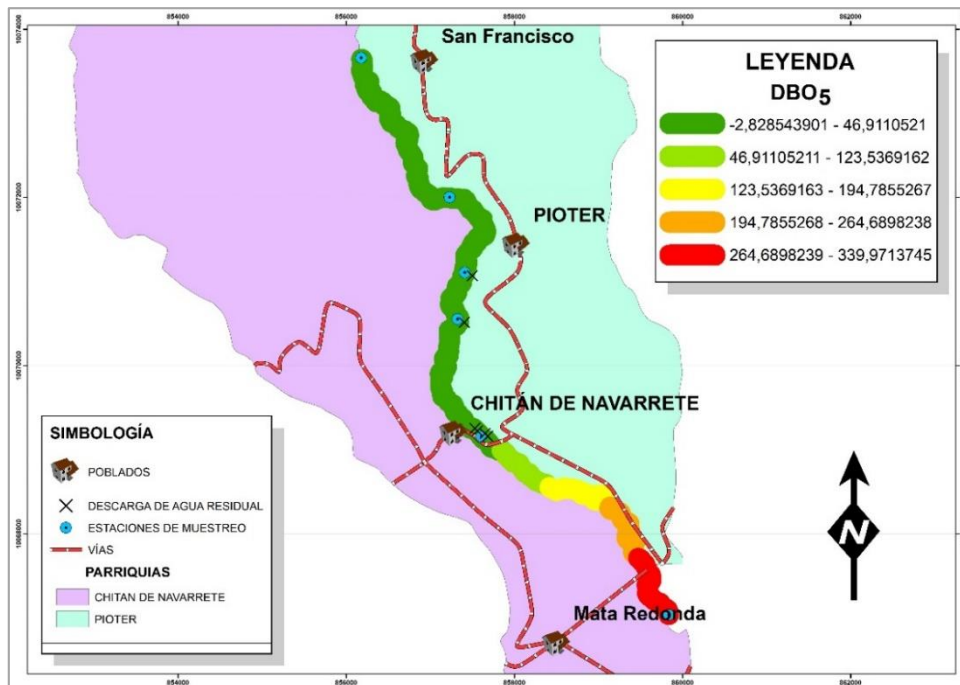
PARÁMETROS ANALIZADOS	MÉTODO DE ENSAYO	UNIDADES	RESULTADOS	Incertidumbre expandida con K=2	<sup>(1)</sup> LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
			MEC19-009		
<i>E. coli</i> (*)	Standard Methods 9222B	UFC/100ml	232000	N/A	1000 NMP/100ml

## MAPAS

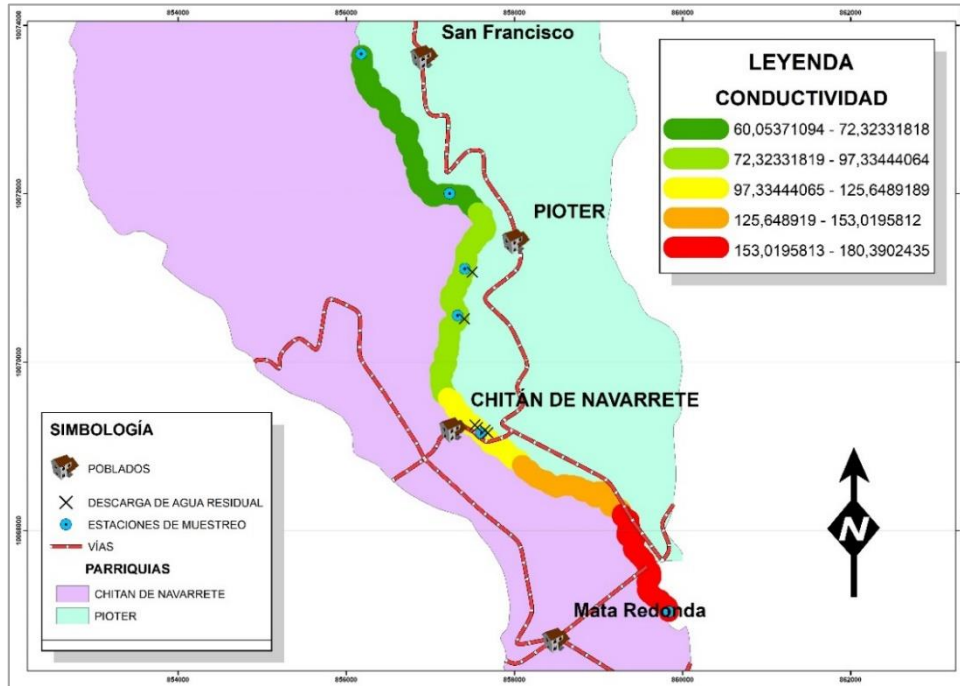
**Mapa 1.** Nivel de concentración de DQO en la trayectoria del río Pioter en la época seca



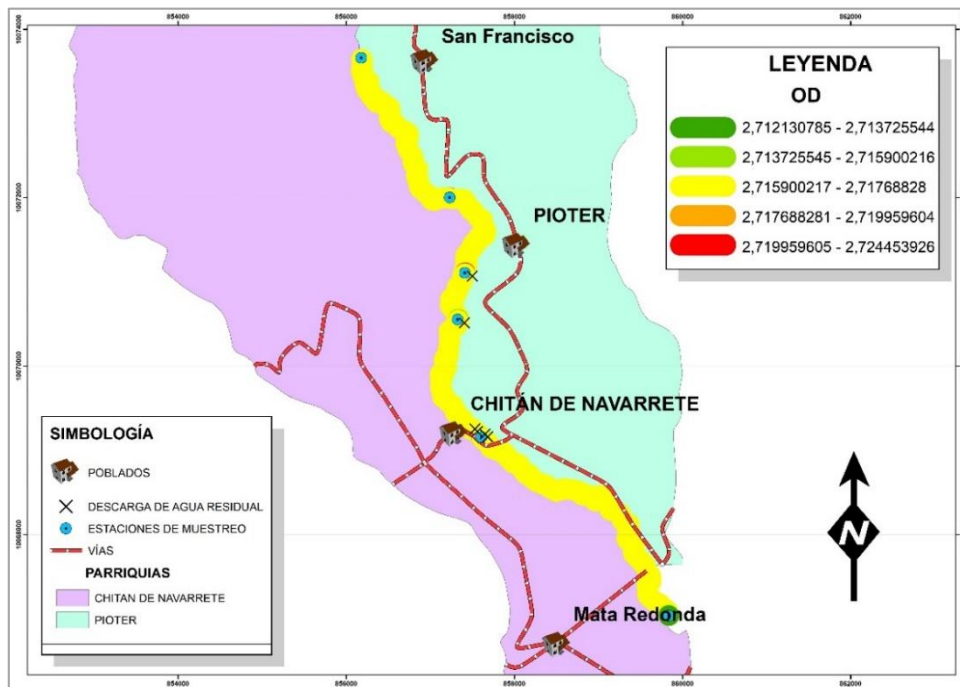
**Mapa 2.** Nivel de concentración de DBO<sub>5</sub> en la trayectoria del río Pioter en la época seca



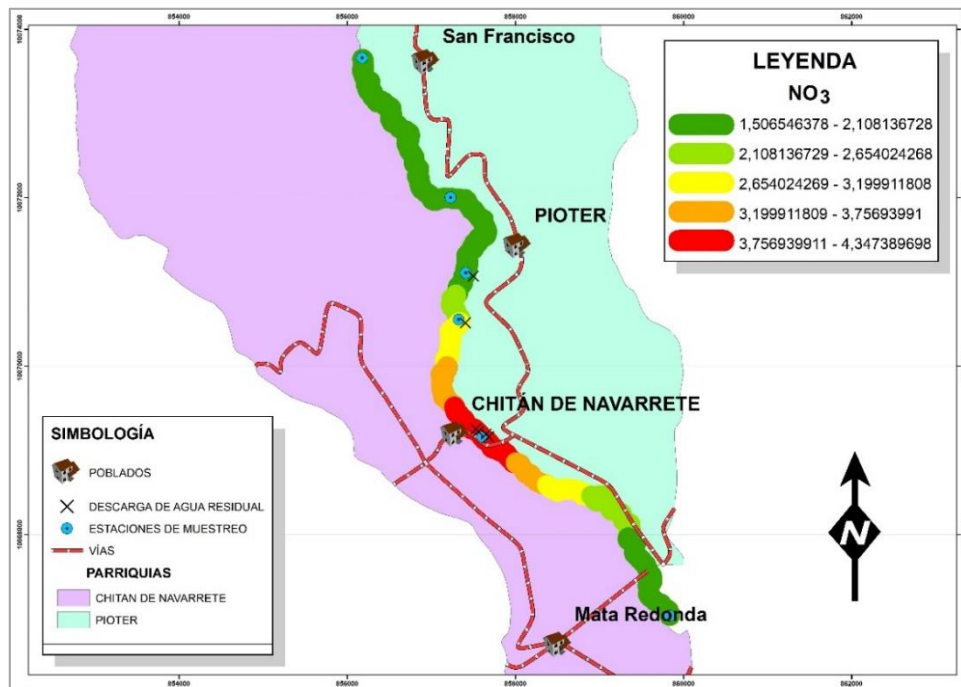
**Mapa 3.** Nivel de concentración de Conductividad en la trayectoria del río Pioter en la época seca



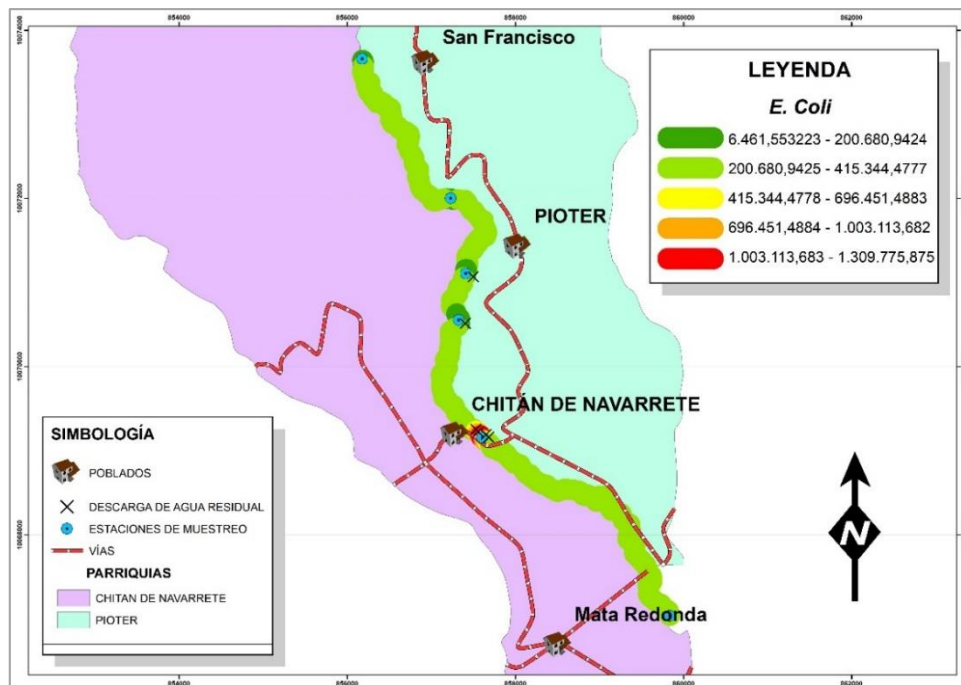
**Mapa 4.** Nivel de concentración de Oxígeno Disuelto en la trayectoria del río Pioter en la época seca



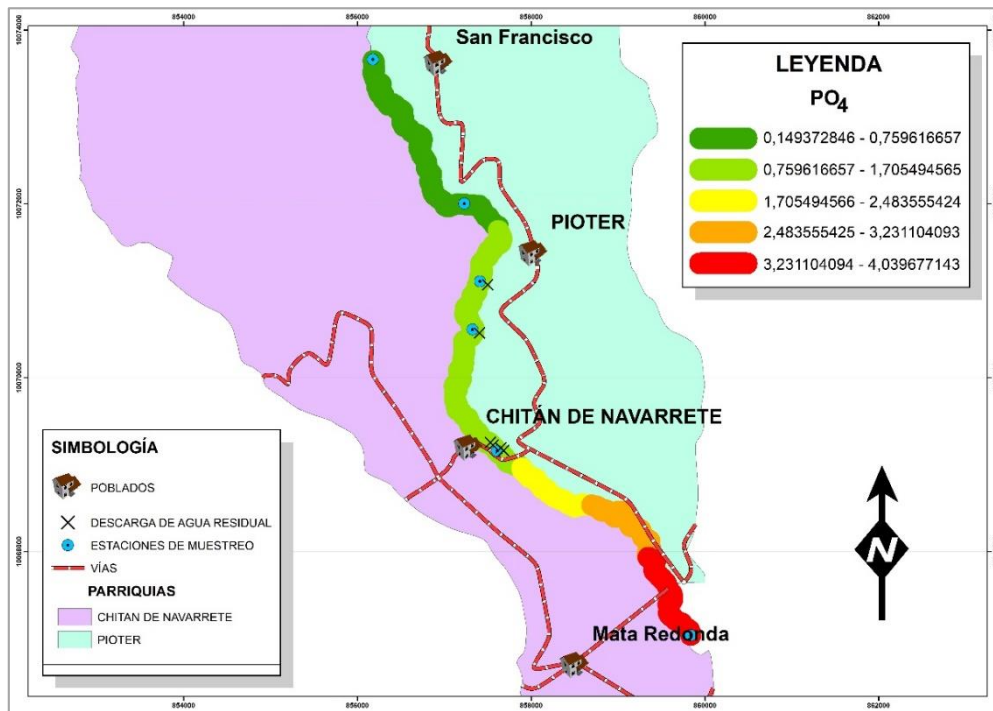
**Mapa 5.** Nivel de concentración de Nitratos en la trayectoria del río Pioter en la época seca



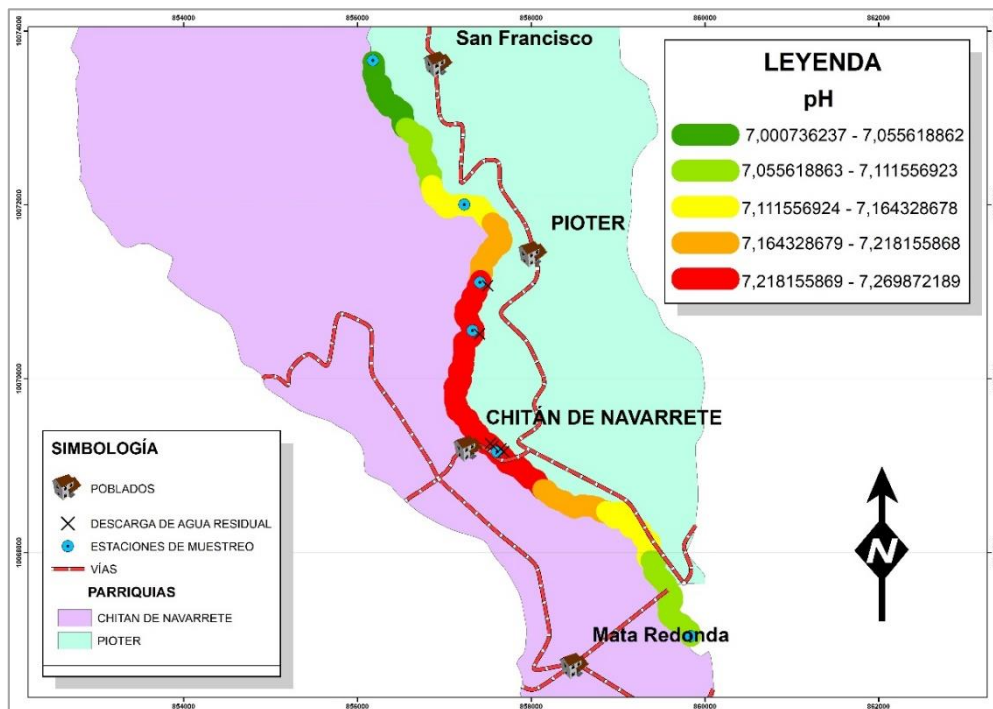
**Mapa 6.** Nivel de concentración de *E. coli* en la trayectoria del río Pioter en la época seca



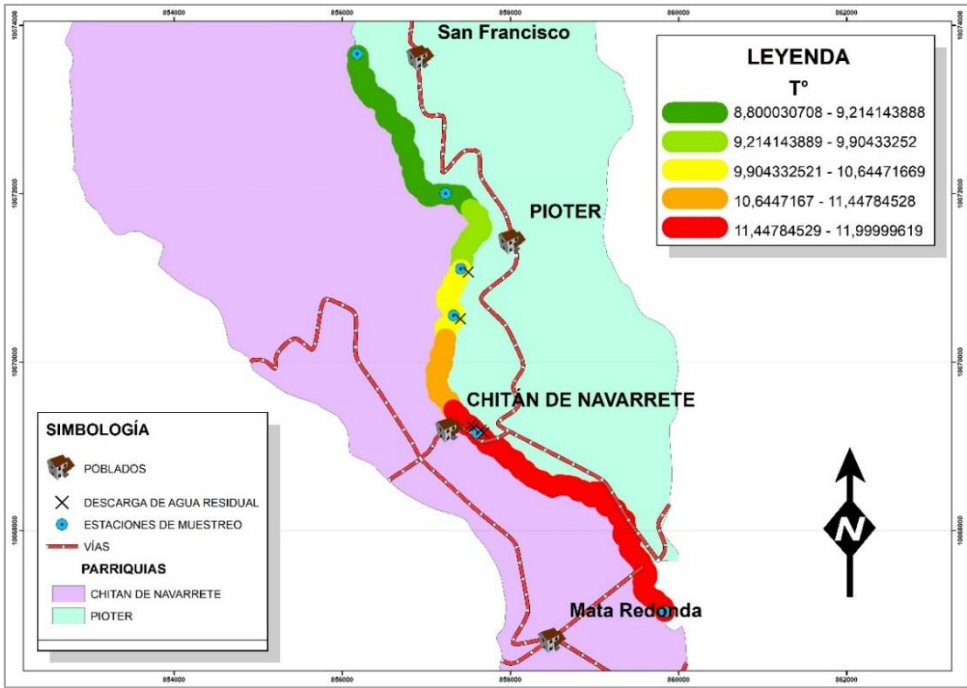
**Mapa 7.** Nivel de concentración de Fosfatos en la trayectoria del río Pioter en la época seca



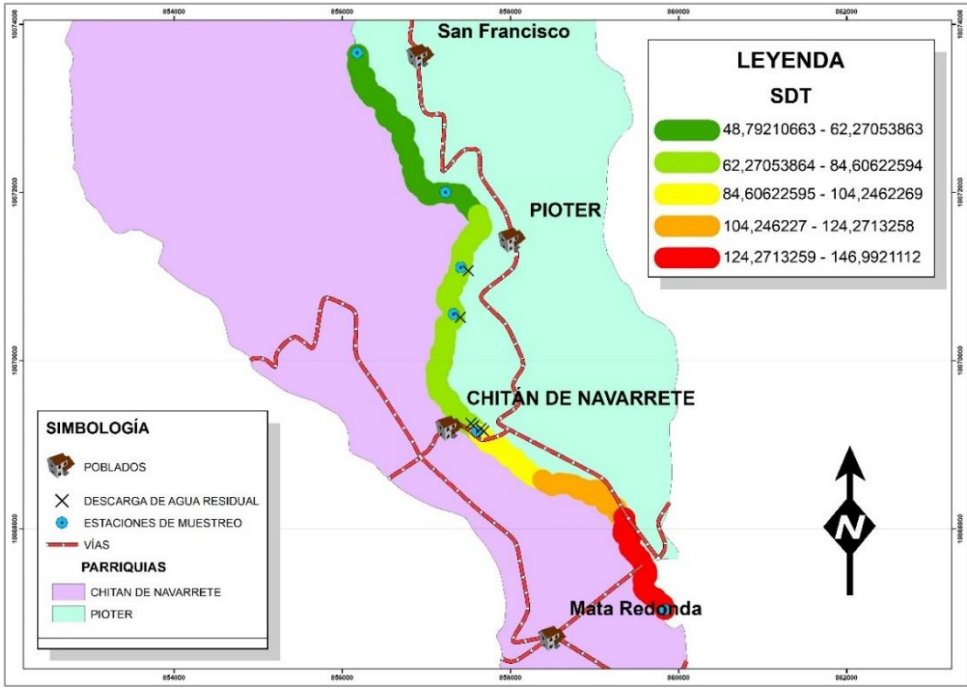
**Mapa 8.** Nivel de concentración de pH en la trayectoria del río Pioter en la época seca



**Mapa 9.** Nivel de concentración de Temperatura en la trayectoria del río Pioter en la época seca

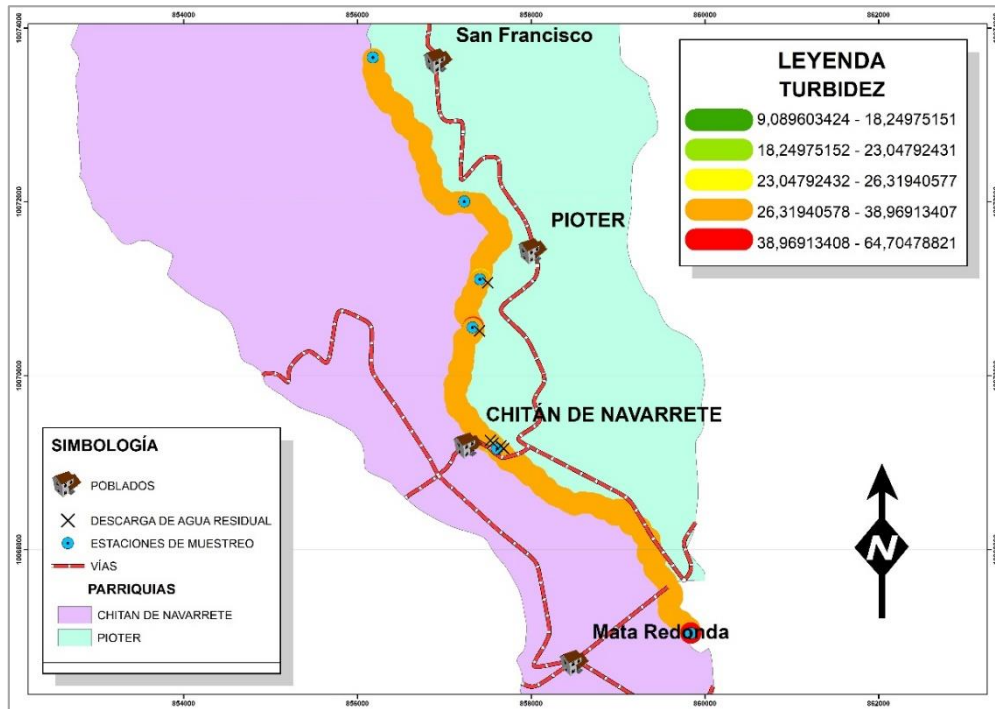


**Mapa 10.** Nivel de concentración de Solidos Totales Disueltos en la trayectoria del río Pioter en la época seca





**Mapa 11.** Nivel de concentración de Turbidez en la trayectoria del río Pioter en la época seca



## FOTOGRAFÍAS

**Fotografía 1.** Toma de muestras en el río Pioter durante la época lluviosa



**Fotografía 2.** Toma de muestras en el río Pioter durante la época seca



**Fotografía 3.** Muestras entregadas a laboratorio EMAPA-I



**Fotografía 4.** Reconocimiento del lugar e identificación de los principales focos de contaminación

