

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO SANTA CLARA UBICADO EN EL CANTÓN RUMIÑAHUI

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

DANNY JAVIER CANCHIGNIA LEMA

danny.canchignia@epn.edu.ec

ANDRÉS FERNANDO CARVAJAL BENÍTEZ

andres.carvajal01@epn.edu.ec

DIRECTOR: ING. SANTIAGO STALIN GUERRA SALCEDO, M.Sc.

santiago.guerra@epn.edu.ec

CODIRECTORA: Dra. ANA LUCIA BALAREZO AGUILAR

ana.balarezo@epn.edu.ec

Quito, octubre 2021

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por los Sres. Canchignia Lema Danny Javier y Carvajal Benítez Andrés Fernando como requerimiento parcial a la obtención del título de Tecnólogos Superior en Agua y Saneamiento Ambiental, bajo nuestra supervisión:

**Ing. Santiago Stalin Guerra
Salcedo**

DIRECTOR(A) DEL
PROYECTO

Dra. Ana Lucia Balarezo Aguilar

CODIRECTOR(A) DEL PROYECTO

DECLARACIÓN

Nosotros Canchignia Lema Danny Javier con CI: 172435431-9, Carvajal Benítez Andrés Fernando con CI: 171854813-2, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he/hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Sin perjuicio de los derechos reconocidos en el primer párrafo del artículo 144 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación – COESC-, somos titulares de la obra en mención y otorgamos una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva de uso con fines académicos a la Escuela Politécnica Nacional.

Entregamos toda la información técnica pertinente, en caso de que hubiese una explotación comercial de la obra por parte de la EPN, se negociará los porcentajes de los beneficios conforme lo establece la normativa nacional vigente.



Danny Javier Canchignia Lema
CI: 172435431-9



Andrés Fernando Carvajal Benítez
CI: 171854813-2

DEDICATORIA

Se lo dedico especialmente a mis padres por darme los valores, los recursos y por tenerme paciencia en lo que ha sido un largo camino. También va dedicado a todos los profesores que impartieron sus conocimientos a lo largo de la carrera para formar buenos profesionales.

A ustedes gratitud.

Danny

AGRADECIMIENTO

A mi mamá, papá porque han hecho todo posible para dejarme como herencia la mejor educación posible y me han estado presentes en todo momento.

A ellos siempre todo el amor, agradecimiento y cariño incondicional durante toda mi vida.

A mis hermanos que siempre los voy a cuidar y aconsejar para que tomen el mejor rumbo en sus vidas.

A todos aquellos amigos/as que han estado presentes, con los que he creado experiencias, anécdotas y recuerdos que siempre llevaré conmigo.

A todos ustedes mis agradecimientos.

Danny

DEDICATORIA

A mis padres Clemencia y Wilson, por haberme enseñado valores, por dedicarme su tiempo, brindarme su amor incondicional y siempre estar a mi lado, Aunque hemos pasado por tiempos difíciles siempre han creído en mí y me han apoyado. Los amo muchísimo.

A mis hermanas Daniela y Nicole, las luces de mi vida, por brindarme incontables momentos de alegría, por ser mis confidentes y brindarme sus fuerzas cuando he atravesado malos momentos.

A mi familia por ser la razón por la que quiero superarme día a día y ser un orgullo para ustedes.

Andrés

AGRADECIMIENTO

A mi madre, por ser la persona que me ha guiado a ser la persona que soy y estar pendiente de mí siempre.

A mis hermanas que son la razón que me motiva a siempre dar lo mejor de mí.

A mis amigas/os con los que he compartido valiosos momentos que han sido muy importantes para mí.

A todos ustedes mis agradecimientos.

Andrés

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	Introducción	1
1.1	Alcance	1
1.2	Justificación	2
1.3	Objetivo general.....	2
1.4	Objetivos específicos	2
1.5	Fundamentos teóricos.....	3
1.5.1	Definiciones	3
1.5.2	Parámetros <i>in situ</i> :.....	4
1.5.3	Parámetros Químicos:	5
1.5.4	Parámetros Microbiológicos:.....	7
2	Metodología	7
2.1	Reconocimiento de la zona del muestreo.....	7
2.2	Establecimiento de los puntos de muestreo	8
2.3	Plan de muestreo.....	11
2.3.1	Recolección y preservación de muestras.....	13
2.4	Medición de parámetro <i>in situ</i>	14
2.5	Medición de parámetros en laboratorio	15
2.5.1	Hierro.....	18
2.5.2	Manganeso.....	18
2.5.3	Cobre.....	18
2.5.4	Nitratos	19
2.5.5	Nitritos	19
2.5.6	Sulfatos.....	19
2.5.7	Fosfatos.....	20
2.5.8	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	20
2.5.9	Dureza Total y Cálcica.....	20
2.5.10	Color Real y Aparente.....	22
2.5.11	Demanda bioquímica de oxígeno, Coliformes y Sólidos.....	22

2.6	Calculo del ICA-NSF	23
2.7	Aforo de caudal.....	25
3	Resultados y Discusión.....	28
3.1	Levantamiento de información	28
3.2	Medición del caudal	29
3.3	Evaluación de los parámetros <i>in situ</i>	30
3.3.1	Temperatura y Oxígeno Disuelto (OD):.....	30
3.3.2	pH:.....	31
3.3.3	Turbidez y Sólidos Suspendidos	31
3.3.4	Conductividad y Sólidos Disueltos	32
3.3.5	Salinidad:.....	33
3.4	Evaluación de los parámetros analizados en el laboratorio.....	33
3.4.1	Nitritos y nitratos	34
3.4.2	Sulfatos.....	35
3.4.3	Hierro.....	36
3.4.4	Fosfatos.....	37
3.4.5	Manganeso y Cobre.....	38
3.4.6	DQO y DBO	38
3.4.7	Color real y aparente	39
3.4.8	Dureza cálcica y total.....	40
3.4.9	Coliformes fecales y totales	41
3.5	Comparativa con la normativa.....	42
3.6	Análisis ICA	48
3.6.1	Análisis ICA del Primer Punto	48
3.6.2	Análisis ICA del Segundo Punto	48
3.6.3	Análisis ICA del Tercer Punto	49
3.6.4	Análisis ICA del Cuarto Punto.....	49
3.6.5	Análisis ICA del Quinto Punto	50
3.7	Propuesta de Mitigación.....	51

3.6.1	Objetivos.....	51
3.6.2	Desarrollo de la propuesta.....	52
4	Conclusiones y Recomendaciones	57
4.1	Conclusiones	57
4.2	Recomendaciones	58
	Referencias Bibliográficas.....	59
	ANEXOS.....	i

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vista del recorrido del río y los puntos de muestreo.	8
Figura 2. Vista punto de muestreo 1.....	9
Figura 3. Vista punto de muestreo 2.....	9
Figura 4. Vista punto de muestreo 3.....	10
Figura 5. Vista punto de muestreo 4.....	10
Figura 6. Vista punto de muestreo 5.....	11
Figura 7. Medición de Manganeso.	18
Figura 8. Medición de DQO.....	20
Figura 9. Medición de Dureza Total y Cálcica.	21
Figura 10. Medición del caudal con el caudalímetro.	26
Figura 11. Medición de la profundidad.....	26
Figura 12. Camión descargando desechos de limpieza y succión de pozos sépticos.....	29
Figura 13. Variación de la temperatura y el oxígeno disuelto en cada punto.	31
Figura 14. Variación del pH en cada punto.....	31
Figura 15. Variación de la turbidez y sólidos suspendidos en cada punto.	32
Figura 16. Variación de la conductividad y TDS de cada punto.....	32
Figura 17. Variación de la salinidad en cada punto.	33
Figura 18. Variación de los nitritos y nitratos de cada punto.....	35
Figura 19. Variación de sulfatos en cada punto.....	36
Figura 20. Variación de hierro en cada punto.	37
Figura 21. Variación de fosfatos en cada punto.....	37
Figura 22. Variación del manganeso y cobre de cada punto.	38
Figura 23. Variación de la DQO y DBO ₅ en cada punto.....	39
Figura 24. Variación del color real y aparente de cada punto.	40
Figura 25. Variación de la dureza total y cálcica de cada punto.	40
Figura 26. Variación de las coliformes totales y fecales en cada punto.	41
Figura 27. Ganado pastando cerca del río Santa Clara.....	53
Figura 28. Descarga de aguas residuales Parque Santa Clara.	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Equipos y materiales utilizados en el muestreo.....	11
Tabla 2. Parámetros analizados, equipos, materiales y métodos implementados.....	16
Tabla 3. Parámetros y pesos relativos que intervienen en el ICA.	23
Tabla 4. Rangos establecidos en el ICA-NSF.....	24
Tabla 5. Número de verticales en relación al ancho del canal. (Solano, 2021).	25
Tabla 6. Tabla de coordenadas de los puntos de muestreo.....	28
Tabla 7. Caudal promedio del río Santa Clara.	29
Tabla 8. Parámetros analizados in situ.	30
Tabla 9. Parámetros analizados en el laboratorio.	34
Tabla 10. Primer punto comparación con la normativa vigente.	42
Tabla 11. Segundo punto comparación con la normativa vigente.	43
Tabla 12. Tercer punto comparación con la normativa vigente.	44
Tabla 13. Cuarto punto comparación con la normativa vigente.....	45
Tabla 14. Quinto punto comparación con la normativa vigente.	46
Tabla 15. Cumplimiento de la normativa vigente.	47
Tabla 16. ICA-NSF del primer punto.....	48
Tabla 17. ICA-NSF del segundo punto.	48
Tabla 18. ICA-NSF del tercer punto.....	49
Tabla 19. ICA-NSF del cuarto punto.	49
Tabla 20. ICA-NSF del quinto punto.	50
Tabla 21. ICA-NSF promedio del río Santa Clara.	50
Tabla 22. Propuesta de manejo de residuos.....	52
Tabla 23. Propuesta de control de pastoreo.	53
Tabla 24. Programa de participación comunitaria.	54

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: LA CORRECCIÓN DE OD CON RESPECTO A LA TEMPERATURA	i
ANEXO 2: CÁLCULOS DE CORRECCIONES DE SATURACIÓN DE OXÍGENOS RESPECTO A LA TEMPERATURA Y PRESIÓN.....	ii
ANEXO 3: CÁLCULOS DE LA DUREZA CÁLCICA Y DUREZA TOTAL.	ii
ANEXO 4: INFORMES EMITIDOS POR EL LABORATORIO CICAM.	iv
ANEXO 5: CALCULOS DE SÓLIDOS DISUELTOS EN FUNCIÓN DE LOS SÓLIDOS TOTALES Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS.....	ix
ANEXO 6: CURVAS DE FUNCIÓN DEL ICA.....	ix
ANEXO 7: CÁLCULOS DEL CAUDAL EN BASE A LAS MEDICIONES CON EL CAUDALIMETRO.	xiii
ANEXO 8: CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES DENTRO DEL TULSMA.....	xvi

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Presión barométrica.	14
Ecuación 2. Presión de vapor.	15
Ecuación 3. Fórmula de Dureza.	21
Ecuación 4. Equivalencia de los sólidos totales.	22
Ecuación 5. Despeje en función a los SDT.	23
Ecuación 6. ICA-NSF.	23
Ecuación 7. Variación de Temperatura.	24
Ecuación 8. Ecuación de una sección rectangular.	27
Ecuación 9. Ecuación del Caudal.	27

RESUMEN

La expansión de los asentamientos humanos modifica el ambiente de una zona, lo que altera las condiciones naturales en las que se encuentran los recursos hídricos que son necesarios para el desarrollo de la biota. Por lo que es importante mantener en condiciones apropiadas los cuerpos de agua mediante las normativas establecidas para controlar la contaminación.

El presente proyecto tuvo como objetivo determinar la calidad del agua del río Santa Clara, ubicado en el cantón Rumiñahui, para categorizar el grado de cumplimiento con la normativa ambiental vigente, TULSMA (2015), Anexo 1, Libro VI, Tabla 3. Se inició con el reconocimiento de la zona de estudio recorriendo el cauce del río Santa Clara, desde el barrio Selva Alegre hasta el parque Santa Clara para identificar los puntos óptimos de muestreo. Posteriormente, se elaboró un plan de muestreo que fue llevado a cabo entre los meses de junio y julio del 2021, donde se realizaron análisis *in situ*, así como análisis de parámetros físicos, químicos y microbiológicos desarrollados en laboratorios certificados.

Los resultados obtenidos sirvieron para determinar el Índice de Calidad del Agua (ICA), que en la mayoría de los tramos del río Santa Clara presentaron un ICA entre 40 y 50 que corresponde a una calidad del agua entre regular a mala. Con base en los límites máximos permisibles presentados en el TULSMA (2015), Anexo 1, Libro VI, Tabla 3 se evidenció que existen parámetros fuera de norma, como son coliformes fecales y oxígeno disuelto.

Finalmente, para reducir los impactos ambientales sobre el cauce se propuso un plan de mitigación que se basa en tres ejes: la reducción de residuos sólidos, monitoreo de las descargas de aguas residuales y la participación de la comunidad en el cuidado del río Santa Clara.

Palabras clave: análisis / calidad del agua / ICA / aguas residuales

ABSTRACT

Demographic growth modifies the environment of a place changing environmental factors, even water resources that are necessary for animal life development. Therefore, it is important to maintain water bodies in proper conditions through the regulations established to control pollution.

The objective of this project was to determine the water quality of the Santa Clara River, located in the Rumiñahui canton in order to categorize the degree of compliance with the current environmental regulations TULSMA (2015), Annex 1, Book VI, Table 3. Subsequently, a sampling plan was elaborated and conducted between June and July 2021, where *in situ* analyses were performed, as well as analyses of physical, chemical and microbiological parameters that were developed in certified laboratories.

The results were used to determine the Water Quality Index (WQI), which in most sections of the Santa Clara River showed a WQI between 40 and 50 that corresponds to regular and poor characteristics. Based on the maximum permissible limits presented in the TULSMA (2015), Annex 1, Book VI, Table 3 it presented that there are parameters outside the norm, such as fecal coliforms and dissolved oxygen.

Finally, to reduce the environmental impacts on the riverbed, a mitigation plan was proposed based on three axis: reduction of solid waste, monitoring of wastewater discharges and community participation in the care of the Santa Clara River.

Keywords: analysis / water quality / WQI / wastewater

1 INTRODUCCIÓN

El incremento de la población mundial trae consigo la expansión de asentamientos humanos que alteran el ambiente de una zona, especialmente en la sierra ecuatoriana donde los ríos atraviesan centros urbanos o se encuentran ubicados a sus alrededores. En estos ríos existen fuentes de contaminación provenientes de domicilios aledaños o incluso industrias.

El cantón Rumiñahui se localiza a 9 km de Quito y se encuentra atravesado por varios ríos entre ellos el río Santa Clara, siendo este uno de los ríos principales del Cantón Rumiñahui, que funciona como desagüe natural, principalmente de agua lluvia (Carrera, 2011).

El río Santa Clara atraviesa por varios sectores poblados del cantón Rumiñahui, sectores en los que se encuentran empresas del sector textil, construcción, entre otras que perjudican en gran medida las condiciones del río y por ende la salud de quienes residen cerca de este. Agudizando esta problemática en el país, no existe una política rigurosa que controle la correcta disposición de residuos producto de los procesos industriales, del manejo de desechos y desperdicios, del tratamiento de aguas residuales y las condiciones en las que deben ser vertidas nuevamente en un cuerpo de agua receptor. Varios de estos residuos y aguas sin tratar terminan en las aguas del río Santa Clara. (Gobierno Municipal de Rumiñahui, 2019)

1.1 Alcance

Este trabajo está realizado con el objetivo de evaluar la calidad del agua del río Santa Clara usando indicadores de calidad del agua como ICA-NSF, basado en la medición de parámetros físicos, químicos y microbiológicos en el cuerpo hídrico, asignando ponderaciones que dan como resultado un valor que representa el estado del cuerpo de agua.

El estudio del río Santa Clara comprendió una extensión de alrededor de 2 km desde el Parque Selva Alegre hasta el Parque Santa Clara en la ciudad de Sangolquí. Los puntos de muestreo se establecieron de acuerdo a la accesibilidad. En éstos se realizaron muestreos puntuales entre los meses de junio y julio en los cuales hubo cierto aporte de caudal fluvial. Basados en los análisis de las muestras, se determinó la calidad del agua incluyendo otras observaciones como: presencia de residuos sólidos, descargas de aguas residuales, entre otros.

Con los resultados obtenidos, se propuso un plan de mitigación para determinar y establecer acciones que contribuirán a la reducción de los impactos negativos en el cauce del río Santa

Clara causados por descargas de aguas residuales, pastoreo en las orillas y desechos sólidos en el río.

1.2 Justificación

La contaminación de los ríos aumento en América Latina entre los años 1990 y 2010, las condiciones del agua se ven afectadas por diversas actividades humanas y naturales. Una de las actividades humanas que perjudican de mayor manera a los ríos son las descargas de aguas residuales, que contienen altas cantidades de contaminantes los cuales modifican las características del cuerpo hídrico receptor. En América Latina cerca del 70 % de aguas residuales que son descargadas en los cuerpos de agua no son tratadas, lo que implica la pérdida de biodiversidad, perdida de paisajes, destrucción de ecosistemas, eutrofización en los cuerpos de agua, desequilibrios de los ecosistemas, infecciones y otros problemas relacionados con la salud. (CEPAL, 2002)

La evaluación de la calidad del agua de río Santa Clara fue escogida para determinar las características del cuerpo de agua y la manera en la que influyen las descargas de aguas residuales de asentamientos humanos aledaños a este cuerpo de agua. Al conocer la manera en la que las descargas influyen en el río Santa Clara, se podrán desarrollar proyectos que ayuden a la conservación del río y a su vez eliminar la influencia de las aguas descargadas sobre este.

1.3 Objetivo general

1.3.1. Evaluar la calidad del agua del río Santa Clara ubicado en el Cantón Rumiñahui.

1.4 Objetivos específicos

1.4.1. Analizar parámetros in situ, físicos, químicos y microbiológicos del río Santa Clara.

1.4.2. Determinar la calidad del agua del río utilizando el índice de calidad del agua (ICA).

1.4.3. Elaborar una propuesta para mitigar la contaminación.

1.5 Fundamentos teóricos

1.5.1 Definiciones

Agua cruda:

Agua cruda se define como aquella que no ha sido tratada y que tampoco se ha introducido en la red de distribución. Se encuentra en fuentes naturales superficiales, así como subterráneas. Además, contiene materia orgánica, inorgánica y microorganismos, que la hacen insegura para la salud, por lo que debe someterse a un proceso de tratamiento para ser apta para el consumo humano. (Zarza, 2020)

Agua residual:

Las aguas residuales se definen como aquellas aguas que por diversos usos han perdido sus características y estas representan un peligro de ser descargadas sin un previo tratamiento debido a su composición.

Este tipo de aguas son descargadas en masas receptoras que son cuerpos de agua, es decir, ríos, lagos, mares y corrientes subterráneas. Esto hace que en algunas situaciones sea incapaz de absorber y neutralizar la carga contaminante que es descargada, lo que implica el deterioro de la apariencia física, calidad y capacidad de sustentar algún tipo de vida acuática por parte de los cuerpos de agua afectados. (Zarza, 2017)

Calidad del agua:

Corresponde a los factores físicos, químicos y microbiológicos que presenta el agua, lo que permite reunir varios criterios de aceptabilidad dependiendo el uso al que este destinado el cuerpo de agua.

La calidad del agua tiene gran importancia debido al rápido aumento de la población mundial, por lo que se necesita un mayor suministro de agua y tener un control de la calidad de la misma. (Rodó, 2018)

Muestreo:

El muestreo tiene como fin recolectar ciertas muestras representativas de una zona y momentos determinados, de tal manera que posean características específicas. Lo que se busca es que estas muestras sean lo suficientemente pequeñas para que sean fáciles de transportar, pero a su vez que sean lo suficientemente grandes para albergar las características de la zona a estudiar para su análisis. (Antunez, 2009)

Muestreo Simple:

Este tipo de muestreo tiene como característica que se toma la muestra en un tiempo y lugar específico una sola vez, lo que mostrará las características bajo las cuales se realizó el muestreo. (Antunez, 2009)

ICA:

El ICA es un valor numérico que permite indicar el grado de contaminación del agua de un cuerpo hídrico, independientemente del uso que se le dé al mismo. El valor numérico, que indica las condiciones del cuerpo hídrico, incorpora varias condiciones físicas, químicas y microbiológicas los cuales dan un indicio del nivel de contaminación. (Fernandez & Solano, 2005)

Aforo líquido:

El aforo de caudal consiste en determinar la cantidad de agua que circula por la sección transversal de un cuerpo de agua, para conocer la disponibilidad hídrica del mismo. Además, es un dato de importancia para determinar la carga contaminante que contiene el cauce.

Para realizar el aforo, se debe levantar la sección transversal del punto donde se medirán las velocidades de la corriente, después por medio de una operación matemática al multiplicar la velocidad de la corriente por el área de la sección, se obtiene el caudal del agua. (Aburrá, 2019)

1.5.2 Parámetros *in situ*:

Potencial hidrogeno (pH):

El pH es la medida de concentración de iones de hidrógenos (H^+) presentes en una muestra de agua, siendo esta una medida que se expresa en una escala de 0 a 14 para determinar el grado de acidez o basicidad de la muestra. En la escala la acidez se encuentra en un rango de 0 a 7, mientras que si el valor oscila en el rango de 7 a 14 la muestra es básica. (Eddy & Metcalf, 1995)

Conductividad:

La conductividad es una variable que determina la cantidad de sales disueltas presentes en una muestra de agua. Estas sales son capaces de generar iones positivos y negativos los cuales transportan energía eléctrica. (Castro, 2017)

Temperatura:

La temperatura representa la energía cinética de las moléculas, esta energía es resultado del choque entre las moléculas que forman el agua. Este factor perturba a la cantidad de oxígeno que es capaz de trasladar el cuerpo hídrico, a menor temperatura se traslada mayor cantidad de oxígeno. (Ramírez Jiménez, 2021)

Oxígeno disuelto:

El oxígeno disuelto es uno de los indicadores más relevantes para determinar la calidad del agua. Este considera la cantidad de oxígeno gaseoso que se encuentra disuelto en el agua, siendo primordial para la supervivencia de los organismos acuáticos.

El mayor aporte de oxígeno para el agua es el aire, el cual se disuelve en el fluido debido a las turbulencias presentes en los ríos. (Eddy & Metcalf, 1995)

Turbiedad:

La turbiedad es la medida en la que el agua pierde su transparencia debido a la presencia de sólidos en suspensión. Cuando mayor sea la concentración de estos sólidos en suspensión, mayor turbiedad presentará y su característica transparencia desaparecerá. Es un factor físico que ayuda a determinar la calidad del cuerpo hídrico. (Eddy & Metcalf, 1995)

1.5.3 Parámetros Químicos:

Dureza:

La dureza hace referencia a la concentración de iones de sales minerales de calcio, magnesio y otros minerales que se encuentran en el agua y puede ser expresada en unidades de carbonato de calcio. Se clasifica en cuatro categorías: blandas (<60 mg/l CaCO₃), moderadamente duras (60 a 120 < mg/l CaCO₃), duras (120 a 180 < mg/l CaCO₃) y muy duras (>180 mg/l CaCO₃). (Mora, 2009)

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO):

La demanda biológica de oxígeno mide la cantidad de oxígeno que utilizan los microorganismos para degradar la materia orgánica contenida en el agua. Este proceso se lo realiza por un periodo de 5 días en condiciones aerobias a 20 °C y se denomina DBO₅. (Nihon Kasetu Europe, 2017)

Demanda Química de Oxígeno (DQO):

La demanda química de oxígeno mide indirectamente la cantidad de oxígeno requerido para oxidar sustancias orgánicas e inorgánicas, por acción de agentes oxidantes en un medio ácido. El valor de DQO siempre es mayor al de la DBO debido a que no toda la materia oxidada químicamente puede ser bio-oxidable. (Rodríguez et al., 2007)

Nitratos:

Los nitratos son un indicador de la presencia de fertilizantes y abono animal. Estos nitratos pueden ser infiltrados hasta las aguas subterráneas y su ingesta en gran cantidad puede ocasionar un efecto diurético. (California Water Boards, 2013)

Nitritos:

Los nitritos son producidos por degradación biológica de nitrógeno amoniacal, nitratos y otros compuestos orgánicos nitrogenados. Se emplea como indicador de contaminación fecal. (Cabrera, Hernández, Gómez, & Cañizares, 2003)

Sulfatos:

El sulfato puede ser encontrado en todas las aguas naturales por la oxidación de minerales, está presente desde concentraciones bajas en miligramos hasta algunos gramos por litro. (Martin & Palazzo.R, 2009)

Sólidos:

Los sólidos totales son la suma de los compuestos sólidos disueltos y suspendidos presentes en el agua. Los sólidos suspendidos son determinados por decantación y los sólidos disueltos son determinados por gravimetría. (Jiménez, 2000)

Cobre:

El cobre es un compuesto muy común y tiene su origen en las aguas debido a la presencia de óxidos, sulfuros de cobre y en algunas ocasiones en su estado metálico se disuelven en las aguas superficiales. Además, tienen su origen por la actividad industrial. (Sancha, 2002)

Manganeso y Hierro:

El manganeso y hierro se encuentran presentes en los cuerpos de agua debido a la disolución de rocas, minerales y de algunos óxidos, sulfuros, carbonatos que contienen estos metales. Las aguas con la presencia de estos elementos alteran su turbiedad, a su vez, generan precipitados que le dan sabores metálicos al agua. (Eddy & Metcalf, 1995)

1.5.4 Parámetros Microbiológicos:

Coliformes Fecales:

Los coliformes fecales son un indicador del riesgo que existe por contaminación debido a la presencia de bacterias patógenas. Se considera que este grupo de coliformes fecales se encuentran presentes en los intestinos y heces de animales de sangre caliente. Los coliformes fecales se consideran más precisos para indicar la presencia de desechos humanos o animales, ya que tienen orígenes más específicos que el grupo general de coliformes totales. (New York State Department of Health, 2017)

Coliformes Totales:

Los coliformes totales son un indicador de contaminación del agua, que incluyen todas las bacterias que están presentes en el agua o suelo que han sido influenciadas por agua superficial, en desechos animales y humanos. (New York State Department of Health, 2017)

2 METODOLOGÍA

2.1 Reconocimiento de la zona del muestreo

La fase experimental del proyecto comenzó con una visita al sitio de estudio y un recorrido a lo largo del cauce del río, desde el barrio Selva Alegre hasta el parque Santa Clara, a fin de determinar los puntos óptimos para el muestreo en función de la accesibilidad a los sitios, la representatividad y los puntos de descargas de aguas residuales identificados.

Al finalizar el reconocimiento de la zona de estudio, se identificaron 5 puntos de muestreo en los cuales se destacan descargas de aguas residuales, que permitirán la comparación de las condiciones del río a lo largo del trayecto de análisis y el impacto de las descargas en la calidad del agua.

Con base en el reconocimiento se obtuvo información relevante sobre la zona de estudio además del acceso a los puntos de muestreo. En la Figura 1 se observa el recorrido, así como los puntos elegidos para realizarla toma de muestras del agua.

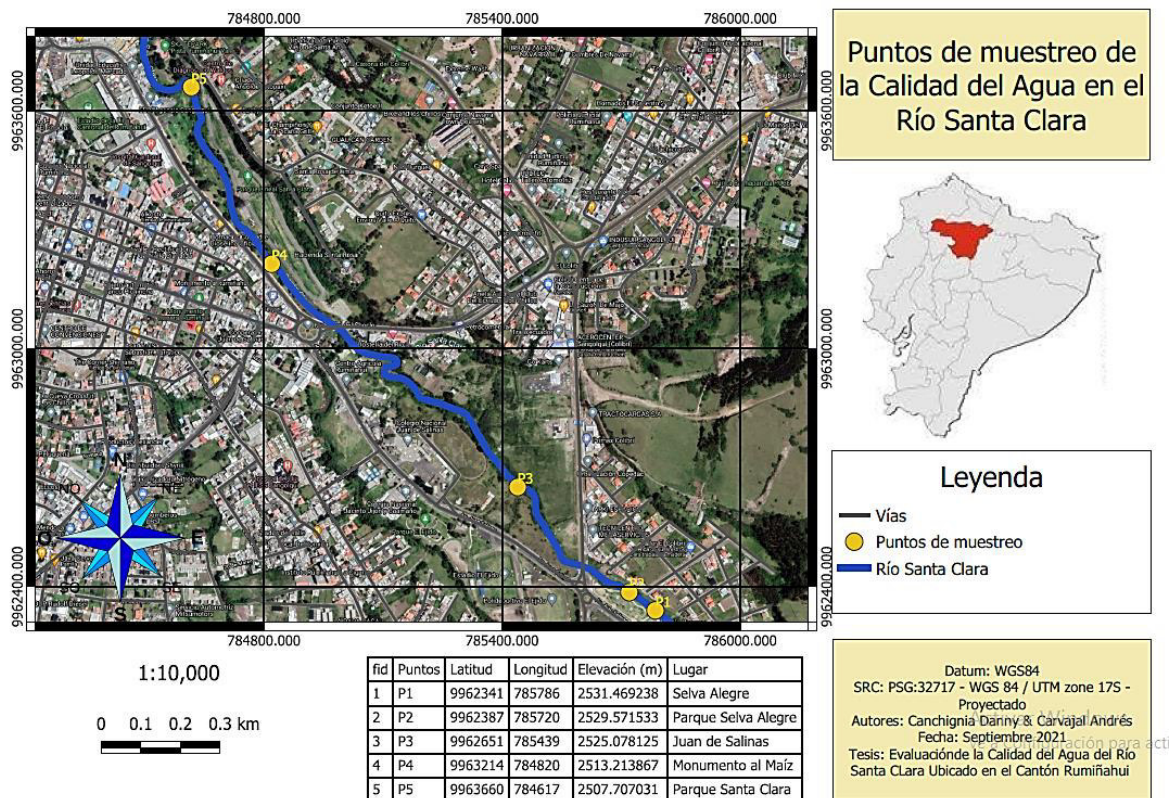


Figura 1. Vista del recorrido del río y los puntos de muestreo.

2.2 Establecimiento de los puntos de muestreo

Para los puntos de muestreo se seleccionaron zonas que facilitaron la posterior comparación con la normativa y así se determinó como punto inicial de muestreo el sector de Selva Alegre, posterior a eso un punto ubicado en el sector Juan de Salinas y en el Parque Santa Clara.

El **Punto 1**, establecido en el barrio Selva Alegre, fue seleccionado debido a que a lo largo de este sector existen viviendas que realizan descargas directas de sus aguas residuales al río y se observaron objetos como fundas plásticas, papel y otros contaminantes sólidos que provienen aguas arriba. En la Figura 2 se observa el punto de muestreo establecido.



Figura 2. Vista punto de muestreo 1.

El **Punto 2** fue establecido en el Parque Selva Alegre a causa de que se observó una fuente de descarga de aguas residuales proveniente de la urbanización Copedac, así como sólidos en las orillas del río. En la Figura 3 se observa el punto de muestreo establecido.



Figura 3. Vista punto de muestreo 2.

El **Punto 3** se estableció en el sector del Colegio Juan de Salinas como punto de muestreo ya que en sus alrededores se divisó ganado, así como también personas arrojando desechos en las orillas del río, los cuales quedaban atrapados en la vegetación y seguían el cauce. En la Figura 4 se observa el punto de muestreo establecido.



Figura 4. Vista punto de muestreo 3.

El **Punto 4**, establecido a las cercanías del Monumento al Maíz, fue seleccionado porque se observó una descarga directa de aguas residuales en un sector donde existen comercios de reparaciones de automóviles y hogares. Además, en el punto se visualizó que residuos de poda se arrojan a las orillas del río y este material cae en el flujo de agua. En la Figura 5 se observa el punto de muestreo establecido.



Figura 5. Vista punto de muestreo 4.

Por último, el **Punto 5**, se estableció en el Parque Santa Clara ya que personas que frecuentan el parque se acercaban a las orillas a arrojar desechos, debido que a lo largo del parque existe fácil acceso al río y los baños del parque realizan descargas directas en el cauce. En la Figura 6 se observa el punto de muestreo establecido.




Figura 6. Vista punto de muestreo 5.

2.3 Plan de muestreo



El plan de muestreo se realizó para garantizar la conservación de las características físicas, químicas y microbiológicas de las muestras, desde la toma, transporte, conservación hasta los análisis en laboratorio de las mismas. Para el muestreo se tuvieron en cuenta ciertos parámetros para que los resultados representen las características reales de los puntos de estudio.

Los equipos y materiales utilizados se detallan a continuación en la Tabla 1.

Tabla 1. Equipos y materiales utilizados en el muestreo.

Equipo/Material	Descripción	Gráfico
<p>Multiparámetros</p>	<p>Es un equipo portátil que posee un panel y sondas para medir distintos parámetros (ph, temperatura, OD, salinidad, conductividad, etc) <i>in situ</i> en una muestra de agua.</p>	

<p>Turbidímetro</p>	<p>Equipo portátil que determina la luz que se dispersa a causa de partículas suspendidas en el agua. Los resultados se expresan en unidades nefelométricas de turbidez (NTU).</p>	
<p>GPS</p>	<p>Este equipo permite tomar puntos georreferenciados de una determinada zona, también permite guardarlos en la memoria interna para una posterior descarga a otro dispositivo.</p>	
<p>Botellas</p>	<p>Frascos de vidrio de color oscuro para el almacenamiento de las muestras que evitan alteraciones de la muestra debido a la luz.</p>	
<p>Guantes</p>	<p>Se usan para evitar una contaminación cruzada de las muestras y protección para las manos.</p>	
<p>Balde</p>	<p>Recipiente de plástico de aproximadamente 6L utilizado para tomar de una manera más sencilla la muestra.</p>	

<p>Hielera</p>	<p>Caja hermética para mantener las muestras refrigeradas a una baja temperatura con hielo.</p>	
<p>Piseta</p>	<p>Es un recipiente plástico que contiene agua destilada para limpiar las celdas del turbidímetro y sondas del multiparámetros después de cada medición.</p>	

2.3.1 Recolección y preservación de muestras

Para la recolección de las muestras se homogenizaron los recipientes con el agua del río Santa Clara enjuagándolos tres veces y se los colocó de manera correcta en la hielera para que las muestras no se derramen. Además, se realizaron actividades pre y post recolección de las muestras.

Actividades pre recolección de muestras:

- Se verificaron las condiciones y calibración de los equipos de análisis *in situ*.
- Se prepararon los recipientes de muestreo y los respectivos reactivos para la preservación de las muestras.
- Se verificó la temperatura de la hielera para que las muestras se mantengan a una temperatura óptima

Actividades post recolección de muestras:

- Se llenaron los recipientes de las muestras con el volumen requerido para cada parámetro a analizar
- Se colocó H_2SO_4 en las muestras destinadas para análisis de DQO. .
- Se etiquetaron los recipientes de las muestras con los siguientes datos: fecha, hora, código y parámetro a analizar.
- Se registraron los datos del multiparámetros con una hoja de registro y adicionalmente se tomaron fotografías los resultados.

2.4 Medición de parámetro *in situ*

Para la medición de los parámetros *in situ*, inicialmente se verificó que todos los equipos utilizados se encuentren en perfectas condiciones, que tengan sus baterías y que estén correctamente calibrados. En cada punto se homogenizó por tres veces el recipiente en el que se tomó la muestra. El balde facilitó las mediciones con el multiparámetros, donde se introdujo la sonda y se esperó el tiempo a que este determine los parámetros *in situ*. Adicionalmente, se utilizaron las celdas del turbidímetro las cuales fueron homogenizadas con la muestra para su medición. Se realizaron los siguientes análisis: temperatura, pH, conductividad, oxígeno disuelto (OD), salinidad, turbidez, TDS.

En el caso del oxígeno disuelto, requiere correcciones con respecto a determinadas condiciones de presión atmosférica y temperatura del agua, cuyos cálculos fueron determinados mediante ecuaciones que ajustan las concentraciones de OD dadas las condiciones.

La corrección de OD con respecto a la temperatura se realizó en base al Anexo 1: Tabla de concentración de oxígeno disuelto equivalente a un grado del 100 por cien de la temperatura anotada y la presión barométrica normal. Los valores obtenidos de dicha corrección con respecto a la temperatura se observan en el Anexo 2.

Para presiones barométricas distintas a 1 atmósfera, se encontró C_s con la Ecuación 1 que se muestra a continuación:

$$C_s = \bar{C}_s \frac{P - P_v}{P_{atm} - P_v}$$

Ecuación 1. Presión barométrica. (*HyperPhysics, 2017*)

Donde:

\bar{C}_s = Concentración de saturación a una atmósfera

P = Presión atmosférica (mmHg)

P_{atm} = Presión correspondiente a una atmósfera (mmHg)

P_v = Presión de vapor de agua a la temperatura del agua (mmHg)

Donde el valor de la presión de vapor, P_v , varía en función de la temperatura del agua por lo que se realizó el ajuste mediante al método de mínimos cuadrados utilizando los valores de temperatura obtenidos en cada punto con la Ecuación 2.

$$P_v = e^{(a*T^2+b*T+c)}$$

Ecuación 2. Presión de vapor. (Arteaga, 2010)

Donde:

P_v = Presión de vapor de agua a la temperatura del agua (kg/cm²)

$a = -0.0002177444$

$b = 0.07067217$

$c = -5.063447$

T = Temperatura en grados Celsius

El valor obtenido de presión de vapor (P_v) está dado en kg/cm² por lo cual se multiplicó por un valor de 736 para transformar los resultados a mmHg.

Con los datos de la corrección de temperatura a una atmósfera, presión barométrica en el lugar, presión de vapor en función de la temperatura del agua, se utilizó la Ecuación 1 para encontrar los valores de oxígeno de saturación en cada uno de los puntos. A continuación, se obtuvieron los valores de los porcentajes de oxígeno de saturación que establece la normativa en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente en el Anexo 1, Libro VI, Tabla 3. (Anexo 2).

2.5 Medición de parámetros en laboratorio

Los parámetros de calidad del agua fueron determinados en el laboratorio de Tecnología Industrial – Área de Agua y Saneamiento Ambiental en la ESFOT, se analizaron al siguiente día de medir los parámetros *in situ* y tomar las muestras, las cuales se trasladaron en la hielera manteniéndose frías hasta su respectivo análisis. En la Tabla 2 se muestran los parámetros analizados con sus respectivos equipos y materiales utilizados, así como el método utilizado.

Tabla 2. Parámetros analizados, equipos, materiales y métodos implementados.

Análisis en laboratorio			
Parámetro	Unidad	Equipos/materiales	Métodos
Hierro	mg/L Fe	Espectrofotómetro HACH DR 1900 FerroVer® 2 Celdas de 10 mL	USEPA ¹ Method ² Method 8008
Manganeso	mg/L Mn	Espectrofotómetro HACH DR 1900 Cianuro Alcalino Ácido Ascórbico Solución indicadora PAN 0.1 % Agua destilada 2 Celdas de 10 mL	1 -(2- Pyridylazo)-2- Naphthol PAN Method ¹ Method 8149
Cobre	mg/L Cu	Espectrofotómetro HACH DR 1900 Reactivo CuVer 1® 2 Celdas de 10 mL	USEPA ^{1,2} Bicinchoninate Mehod ³ Method 8506
Nitratos	mg/L N – NO ₃ ⁻	Espectrofotómetro HACH DR 1900 Reactivo NitraVer 5® 2 Celdas de 10 mL	Cadmio Reduction Method Method 8171
Nitritos	mg/L NO ₂ ⁻	Espectrofotómetro HACH DR 1900 Reactivo NitraVer3® 2 Celdas de 10 mL	USEPA Diazotization Method ¹ Method 8507
Sulfatos	mg/L SO ₄ ²⁻	Espectrofotómetro HACH DR 1900 Reactivo SulfaVer 4® 2 Celdas de 10 mL	USEPA ¹ SulfaVer 4 Method ² Method 8051
Fosfatos	mg/L PO ₄ ³⁻	Espectrofotómetro HACH DR 1900 2 Celdas de 10 mL Reactivo PhosVer 3®	USEPA ^{1,2} PhosVer3 (Ascorbic Acid) Method ³ Method 8048
DQO	mg/L DQO	Espectrofotómetro HACH DR 1900	USEPA Método de Digestión de Reactor

		Viales para DQO de rango bajo (3 – 150 mg/L) Pipeta de 2 mL Pera de succión Agua destilada Digestor HACH DRB 200	Método 8000
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	Matraz Erlenmeyer 100 mL Solución buffer pH 10 a partir de NH ₄ CL y NH ₄ OH Solución EDTA 0.01N Bureta de 20 mL Pinzas Soporte Pipeta 25 mL	Dureza total en agua con EDTA por volumetría
Dureza Cálctica	mg CaCO ₃ /L	Solución EDTA 0.01N NaOH 10 % w/w Cristales de murexida Pipeta 25 mL Matraz Erlenmeyer 100 mL Bureta de 20 mL Pinzas Soporte	Dureza en agua con EDTA por volumetría
Color Real	PtCo	Espectrofotómetro HACH DR 1900 2 Celdas de 10 mL Agua destilada Matraz Vasos de precipitación Pipeta Filtro de membrana Matraz kitasato Bomba de vacío	Platinum – Cobalt Standard Method ^{1,2,3} Method 8025
Color Aparente	PtCo	Espectrofotómetro HACH DR 1900 2 Celdas de 10 mL Agua destilada	Platinum – Cobalt Standard Method ^{1,2,3} Method 8025

2.5.1 Hierro

Para la medición de hierro en las muestras, se utilizó el espectrofotómetro HACH DR1900 y se seleccionó el programa 265 Iron FerroVer. Para encerrar el espectrofotómetro, se preparó un blanco con la misma muestra colocada en una celda de 10 ml. Una vez encendido el espectrofotómetro, se colocaron 10 ml de muestra en otra celda, después se añadió el contenido de una almohadilla de reactivo FerroVer®, se agitó de forma circular la celda para mezclar el reactivo y se esperó un periodo de 3 minutos antes de realizar la medición. Finalizado el tiempo de reacción, se procedió a realizar la medición de la muestra. El mismo procedimiento se realizó con todas las muestras que fueron analizadas.

2.5.2 Manganeso

La medición se realizó con el programa 200 Manganese, LR PAN almacenado en el espectrofotómetro HACH DR 1900. Se colocaron 10 ml de agua destilada en una celda y en otra celda 10 ml de la muestra a analizarse. En cada celda se añadió una almohadilla de ácido ascórbico y se agitaron de manera circular, después se colocaron 12 gotas de cianuro alcalino y se agitaron las celdas. Por último, se agregaron 12 gotas de indicador PAN, se agitaron las celdas y se dejaron por un tiempo de 2 minutos para que reaccionen. Pasado los 2 minutos, se encendió el espectrofotómetro con la celda que contenía el agua destilada y se procedió a realizar la medición de la muestra en la otra celda. El mismo procedimiento se realizó en todas las muestras. En la Figura 7 se observa las celdas con la muestra y el reactivo para la medición de manganeso.



Figura 7. Medición de Manganeso.

2.5.3 Cobre

Primero se seleccionó en el espectrofotómetro HACH DR 1900 el programa 135 Copper, Bicin. Para encerrar el equipo se utilizaron 10 ml de la muestra en una celda. A continuación, se colocaron 10 ml de la muestra en una celda en la que se agregaron el contenido de una

almohadilla CuVer® 1, se agitó la celda en forma circular para mezclar el reactivo y se dejó reaccionar por 2 minutos. Finalizado el tiempo de reacción, se limpiaron las celdas, se encendió el espectrofotómetro con celda que contenía únicamente la muestra y se midió la concentración de cobre en la celda que contenía el reactivo y la muestra. Este procedimiento se llevó a cabo con todas las muestras.

2.5.4 Nitratos

En el espectrofotómetro HACH DR 1900 se inició el programa 353 N Nitrate MR PP. La muestra fue colocada en dos celdas de 10 ml. En una de las celdas se añadió el contenido de una almohadilla NitraVer® 5, se colocó la tapa y se agitó vigorosamente por un minuto. Posteriormente, se dejó un tiempo de reacción de 5 minutos. Finalizado el periodo de 5 minutos, se encendió el equipo con la primera celda que no se colocó el reactivo y se midió la concentración de nitratos en la segunda celda que contenía el reactivo. El mismo procedimiento fue realizado en todas las muestras.

2.5.5 Nitritos

Se seleccionó el programa 371 N Nitrite LR PP en el espectrofotómetro HACH DR 1900 después se colocaron 10 ml de la muestra en la celda para encender el equipo. Luego se colocaron otros 10 ml de la muestra en una segunda celda a la que se añadió el contenido de una almohadilla NitriVer® 3, se agitó en forma circular y se dejó reaccionar por 20 minutos. Cuando terminó el tiempo de reacción, se colocó la segunda celda en el equipo y realizó la medición de nitritos. El mismo procedimiento se realizó con las demás muestras.

2.5.6 Sulfatos

Se seleccionó el programa 680 Sulfate almacenado en el espectrofotómetro HACH DR 1900. Para encender el equipo, se preparó un blanco en una primera celda donde se colocaron 10 ml de muestra. En una segunda celda se colocaron 10 ml de muestra donde se añadió el contenido de una almohadilla SulfaVer® 4, se agitó de manera circular y se dejó reaccionar por 5 minutos. Cumplido el tiempo de reacción, se colocó la segunda celda en el equipo para la determinación de la concentración de sulfatos en la muestra. Este mismo procedimiento se realizó en las demás muestras.

2.5.7 Fosfatos

En el espectrofotómetro HACH DR 1900 se inició el programa 490 P React PP y se encendió el equipo con una celda que contenía 10 ml de la muestra. En otra celda se colocaron otros 10 ml de la muestra, se añadió el contenido de una almohadilla PhosVer® 3, se agitó vigorosamente y se dejó reaccionar por un periodo de 2 minutos. Una vez terminado el tiempo de reacción, se colocó la segunda celda en el equipo para la medición de concentración de fosfato. El mismo procedimiento se realizó para medir la concentración de fosfatos en todas las muestras.

2.5.8 Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Primero con una pipeta graduada y una pera de succión se tomaron 2 ml de las diferentes muestras y se colocaron en diferentes viales para DQO de rango bajo, también se colocaron 2 ml de agua destilada en otro vial para el blanco. Posteriormente, se puso una marca en la tapa de los viales para identificarlos, entonces se agitaron y destaparon para liberar los gases. Luego, se calentó el digestor HACH DRB 200 hasta que alcance una temperatura de 150°C, entonces se colocaron los viales y se inició el proceso de digestión por un tiempo de 2 horas. Una vez terminada la digestión de los viales, se dejaron enfriar hasta temperatura ambiente. Para finalizar, se seleccionó el programa 430 DQO RB en el espectrofotómetro HACH DR 1900, se encendió el equipo utilizando el vial que contenía agua destilada y se fueron colocando los diferentes viales para su respectiva medición. En la Figura 8 se observa el digestor con los viales con las diferentes muestras de cada punto.



Figura 8. Medición de DQO.

2.5.9 Dureza Total y Cálcica

La medición de dureza se realizó por el método de titulación con EDTA (ácido etilendiaminotetraacético), por lo que se comenzó con la preparación de la solución de EDTA.

Inicialmente se deshidrataron 2 g de sal de EDTA en la estufa a una temperatura de 105 °C por 2 horas. Posteriormente, se disolvieron los 2 g de sal de EDTA en agua destilada y después se aforo con más agua destilada esta solución de sal de EDTA en un matraz de 500 ml.

A continuación, se procedió a preparar las muestras con los respectivos reactivos para obtener dureza total y dureza cálcica. Para la dureza total se procedió a tomar 25 ml de cada muestra de cada punto, a cada una se colocaron 5 gotas de solución buffer y una pequeña cantidad de negro de eriocromo. Para la dureza cálcica se tomaron 25 ml de cada muestra y se colocaron 3 gotas de NaOH (Hidróxido de sodio) en una concentración peso/peso (w/w) del 10 % y una pequeña cantidad de cristales de murexida.

Después de preparar cada una de las muestras con los respectivos reactivos, se homogenizaron y posteriormente se colocó en una bureta la solución de EDTA para la titulación correspondiente.

En función al volumen de EDTA utilizado para titular y generar la reacción se procedió a utilizar la Ecuación 3 para obtener el resultado de dureza total y cálcica.

$$DUREZA = \frac{VEDTA * MEDTA * 100091}{VMUESTRA}$$

Ecuación 3. Fórmula de Dureza. (Rodríguez, 2007)

Donde:

VEDTA= Volumen del EDTA (Titulante) (mL)

MEDTA= Concentración del EDTA (mol/L)

VMUESTRA= Volumen de la muestra (mL)

En la Figura 9 se observa la titulación realizada para la medición de la dureza total y cálcica.



Figura 9. Medición de Dureza Total y Cálcica.

Con los datos obtenidos en el laboratorio se utilizó la Ecuación 3 para determinar la dureza cálcica y total, los cálculos se observan en el Anexo 3.

2.5.10 Color Real y Aparente

Para la medición de color real y aparente se utilizó el espectrofotómetro y sus respectivas celdas para realizar los análisis de las muestras. En el caso del color real se procedió a filtrar al vacío las muestras con la ayuda de un matraz kitasato, un compresor de aire y un filtro de membrana. De cada muestra se filtraron 10 ml y adicionalmente se preparó un blanco para el análisis con agua destilada el cual igualmente fue filtrado. Se utilizó el programa 120 Color 455 nm del espectrofotómetro, primero se analizó la celda con el blanco y después la celda con la muestra del río y así se procedió con las respectivas celdas con cada una de las muestras de cada punto.

Para el color aparente se procedió de manera similar con la excepción que en este proceso no se filtraron las muestras, se colocaron 10 ml de cada muestra en las celdas del espectrofotómetro y adicionalmente se preparó un blanco con agua destilada.

2.5.11 Demanda bioquímica de oxígeno, Coliformes y Sólidos

Estos análisis fueron enviados al Centro de Investigación y Control Ambiental (CICAM), laboratorio acreditado, para la elaboración de estos análisis. El informe emitido por el Laboratorio se observa en el Anexo 4.

En función a los resultados obtenidos de los sólidos totales y suspendidos por parte del CICAM se utilizó la siguiente ecuación para poder obtener el valor de los sólidos disueltos totales. En la Ecuación 4 se observa las equivalencias de los sólidos totales.

$$ST = SST + SDT$$

Ecuación 4. Equivalencia de los sólidos totales. (Moreno, 2011)

Donde:

ST= Sólidos Totales

SST= Sólidos Suspendidos Totales

SDT= Sólidos Disueltos Totales

En base a la Ecuación 4 se despejó la variable correspondiente a los Sólidos Disueltos Totales (SDT) dando como resultado la Ecuación 5.

$$SDT = ST - SST$$

Ecuación 5. Despeje en función a los SDT.

Con la Ecuación 5 se calculó los sólidos disueltos totales de cada punto. Los cálculos se observan en el Anexo 5.

2.6 Calculo del ICA-NSF

El modelo que se utilizó para la determinación del ICA fue el modelo de la Fundación Nacional de Sanidad de los EE.UU (NSF), esta propuesta fue realizada por Brown la cual es una modificación de índice estándar *Water Quality Index (WQI)*. (Territoriales, 2021)

Para el análisis del ICA-NSF se toma en consideración de nueve parámetros, los cuales presentan distintos pesos relativos, los cuales se detallan en la Tabla 3.

Tabla 3. Parámetros y pesos relativos que intervienen en el ICA.

Parámetro	Unidad	Peso relativo (%)
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	15
pH	Unidades pH	12
DBO ₅	DBO ₅ mg/L	10
Nitratos	NO ₃ mg/L	10
Fosfatos	PO ₄ mg/L	10
Cambio de Temperatura	°C	10
Turbidez	NTU	08
Sólidos disueltos totales	mg/L	08
Oxígeno disuelto	OD % Saturación	17

Para conseguir el valor del ICA-NSF se requiere tener las mediciones de los nueve parámetros antes mencionados, lo que se realiza es la sumatoria de los productos resultantes entre los subíndices y los pesos relativos que se asigna a cada parámetro.

Para lo cual se utilizó la Ecuación 6.

$$ICA = \sum_{i=1}^n I_i * W_i$$

Ecuación 6. ICA-NSF. (Territoriales, 2021)

Donde:

I= Cada uno de los parámetros analizados.

li= Subíndice del respectivo parámetro.

Wi= Pesos relativos asignados a cada parámetro.

Se tomó en consideración la variación de temperatura utilizando la Ecuación 7 para poder obtener el subíndice de cambio de temperatura.

$$\Delta T = T_{\text{ambiente}} - T_{\text{agua}}$$

Ecuación 7. Variación de Temperatura. (Territoriales, 2021)

En función al valor obtenido en el cálculo del ICA, este se clasifica dentro de un rango establecido que permite determinar el grado de contaminación del río. En la Tabla 4 se observa la escala y los diferentes rangos.

Tabla 4. Rangos establecidos en el ICA-NSF.

Criterio	Valor	Color
Excelente	91-100	Blue
Aceptable	81-90	Light Blue
Buena	71-80	Green
Regular	51-70	Yellow
Mala	26-50	Orange
Pésima	0-25	Red

Para la determinación de los subíndices de cada parámetro se tomó en consideración condiciones de referencia que ayudan a encontrar el valor para el cálculo del ICA, los cuales se describen:

- **Coliformes fecales:** Con valores superiores a 100000 bacterias/ 100 mL, el subíndice tendrá un valor de 3.
- **Potencial de Hidrógeno (pH):** Con valores de pH menores o iguales a 2, el subíndice tendrá un valor de 2. Con valores de pH mayores a 10 el valor del subíndice será 3.

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5):** Con concentraciones mayores a 30 mg/L el subíndice tendrá un valor de 2.
- **Nitratos:** Con valores de concentración mayores a 100 mg/L el subíndice tendrá un valor de 2.
- **Fosfatos:** Con valores de concentración mayores a 10 mg/L el índice tendrá un valor a 5.
- **Cambio de Temperatura:** Primero se calcula la variación de la temperatura. Si el valor obtenido es mayor a 15°C, el subíndice tendrá un valor de 9.
- **Turbidez:** Con valores mayores a 100 NTU el valor del subíndice será de 5.
- **Sólidos Disueltos Totales:** Con valores de concentración mayores a 500 mg/L el subíndice tendrá un valor de 3.
- **Oxígeno Disuelto:** Primero se identifica el valor de porcentaje de saturación de OD según la temperatura. Si el valor obtenido del % de saturación de OD es mayor a 140 %, el subíndice será igual a 47.

En caso de que los valores no se encuentren dentro del rango de referencia, se procederá a colocar el valor obtenido de cada análisis en el eje X de la curva de función correspondiente a cada parámetro y se buscará el valor del subíndice en función al eje Y.

Para determinar los respectivos subíndices de cada uno de los parámetros, se utilizaron las curvas de función de cada parámetro dentro del ICA, las mismas que se encuentran en el Anexo 6. Las curvas de función fueron tomadas de (Territoriales, 2021).

2.7 Aforo de caudal.

Las mediciones de caudal en los puntos establecidos para la toma de muestra se llevaron a cabo utilizando el medidor de caudal Global Water modelo FP311, sumergiendo el equipo de forma vertical en el cauce dividido por secciones de acuerdo a la longitud del canal. En la Tabla 5 se muestran el número de verticales en función al ancho de canal.

Tabla 5. Número de verticales en relación al ancho del canal. (Solano, 2021).

Ancho de canal (m)	Número de verticales
0 - 0.5	3 – 4
0.5 - 1	4 – 5
1 - 3	5 - 8
5 - 10	10 - 20
Más de 10	Más de 20

Como se menciona en (Solano, 2021), se utilizó el método de un punto que consiste en introducir el caudalímetro al 60 % de la altura de la superficie del agua en aguas poco profundas con una profundidad menor a 60 cm para medir la velocidad del flujo. En caso que la profundidad del canal fuera mayor a 60 cm, se utilizó el método de dos puntos que consiste en introducir el caudalímetro a 20 % y 80 % desde la superficie libre del agua. En la Figura 10 se observa la medición de la velocidad con el caudalímetro.



Figura 10. Medición del caudal con el caudalímetro.

Las mediciones se llevaron a cabo en los puntos establecidos para la toma de muestras. Primero se realizó la medición del ancho del tramo del río para determinar, de acuerdo con la Tabla 6, la cantidad de secciones en las que era necesario dividir el tramo. Seguidamente, se introdujo un tronco de manera vertical y perpendicular al fondo de la sección, se marcó con un lápiz hasta superficie del agua y se midió con un flexómetro. En Figura 11 se observa la medición de la altura mojada con un flexómetro para determinar las profundidades.



Figura 11. Medición de la profundidad.

Obtenidos los datos a las alturas correspondientes de las secciones, se multiplicaron con los anchos correspondientes a cada sección para determinar dichas áreas y posteriormente se

sumaron las áreas de las secciones para obtener el valor total del ancho del tramo (Los cálculos de las áreas de cada sección se encuentran en el Anexo 7). Se utilizó la Ecuación 8 para obtener las áreas de las secciones.

$$A = b * a$$

Ecuación 8. Ecuación de una sección rectangular. (Serra, 2020)

Donde:

A= Área de la sección (m²)

b= Ancho de la sección (m)

a= Altura de la sección (m)

Después se procedieron a utilizar los cálculos establecidos en (Alvarado, 2017) para determinar el caudal de una corriente utilizando el molinete.

Se utilizó la Ecuación 8 para la determinación del caudal de la sección:

$$Q = V * A$$

Ecuación 9. Ecuación del Caudal. (CIENTIC - CENTRO EDUCATIVO, 2011)

Donde:

Q= Caudal (m³/s)

V= Velocidad (m/s)

A= Área (m²)

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los parámetros *in situ* y laboratorio analizados en el río Santa Clara fueron llevados a cabo entre los meses de junio y julio del 2021.

3.1 Levantamiento de información

Los puntos de toma de las muestras son descritos en la Tabla 6.

Tabla 6. Tabla de coordenadas de los puntos de muestreo.

Puntos	Lugar	Coordenadas	Altitud (msnm)
P1	Selva Alegre	Latitud: 0°20'25.326'' Longitud: 78°25'57.121''	2531
P2	Parque de Selva Alegre	Latitud: 0°20'23.83'' Longitud: 78°25'59.255''	2525
P3	Juan Salinas	Latitud: 0°20'15.243'' Longitud: 78°26'8.399''	2522
P4	El Monumento al Maíz	Latitud: 0°19'56.929'' Longitud: 78°26'28.35''	2513
P5	Parque Santa Clara	Latitud: 0°19'42.419'' Longitud: 78°26'34.915''	2508

Las coordenadas geográficas de los puntos fueron determinadas con un GPS y posteriormente transformadas al sistema WGS84.

Además, se presencié que un camión descargaba desechos de limpieza y succión de pozos sépticos como se ve en el Figura 12.



Figura 12. Camión descargando desechos de limpieza y succión de pozos sépticos.

3.2 Medición del caudal

La medición del caudal se realizó en los puntos establecidos en un tramo aproximadamente de 2 km desde el barrio Selva Alegre hasta el Parque Santa Clara. Los datos obtenidos se muestran en la Tabla 7 y los cálculos realizados pueden ser observados en el Anexo 7.

Tabla 7. Caudal promedio del río Santa Clara.

Punto	Ancho (m)	Velocidad media (m ² /s)	Área (m ²)	Caudal (m ³ /s)	Caudal Promedio (m ³ /s)
1	3.2	0.62	1.66	1.11	1.650
2	3.45	0.61	1.77	1.17	
3	5	0.86	2.23	1.92	
4	8.4	0.49	4.06	2.01	
5	8.6	0.48	4.31	2.05	

En el tramo en que se realizaron los análisis el caudal en el punto 1 tiene un valor de 1.11 m³/s hasta el punto final donde alcanza un caudal de 2.05 m³/s (Tabla 7). El caudal aumenta ya que existen descargas de aguas residuales aportantes al efluente y también en el punto del Monumento al Maíz, el río Sambache se uno al Santa Clara como consecuencia se incrementa el caudal.

3.3 Evaluación de los parámetros *in situ*

Los parámetros *in situ* analizados fueron los siguientes: temperatura, pH, conductividad, oxígeno disuelto, sólidos disueltos totales (TDS), salinidad y turbidez. Estos parámetros fueron medidos en cada uno de los 5 puntos establecidos. En la Tabla 8 se observan los resultados obtenidos de los análisis.

Tabla 8. Parámetros analizados *in situ*.

Parámetros	Unidad	Puntos				
		P1	P2	P3	P4	P5
Temperatura	°C	14.04	13.51	14.39	15.78	15.42
pH		7.34	7.53	7.44	8.25	8.87
Conductividad	μs/cm	0.217	0.211	0.207	0.217	0.219
OD (80 %)	mg/L	6.06	6.06	6.07	5.85	5.97
TDS	g/L	0.141	0.137	0.135	0.141	0.143
Salinidad	ppm	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Turbidez	NTU	9.02	8.62	7.82	8.46	8.81

3.3.1 Temperatura y Oxígeno Disuelto (OD):

El oxígeno disuelto en el agua depende de la temperatura, en una relación inversamente proporcional, es decir que a mayor temperatura menor oxígeno disuelto (Vintimilla, 2016). De acuerdo a la Figura 13 se puede observar que el valor más alto de OD se encuentra en el Parque Selva Alegre. Cabe resaltar que el oxígeno disuelto presente en la Figura 13 corresponde al 80 % de saturación.

Uno de los posibles factores para la disminución del oxígeno disuelto el sector Juan de Salinas (Punto 3), se debe a la presencia de ganado que aumenta la cantidad de materia orgánica que se encuentra en el agua. Además, un significativo aumento de la vegetación alrededor del cauce, se arrojan residuos de poda y otro tipo de residuos.

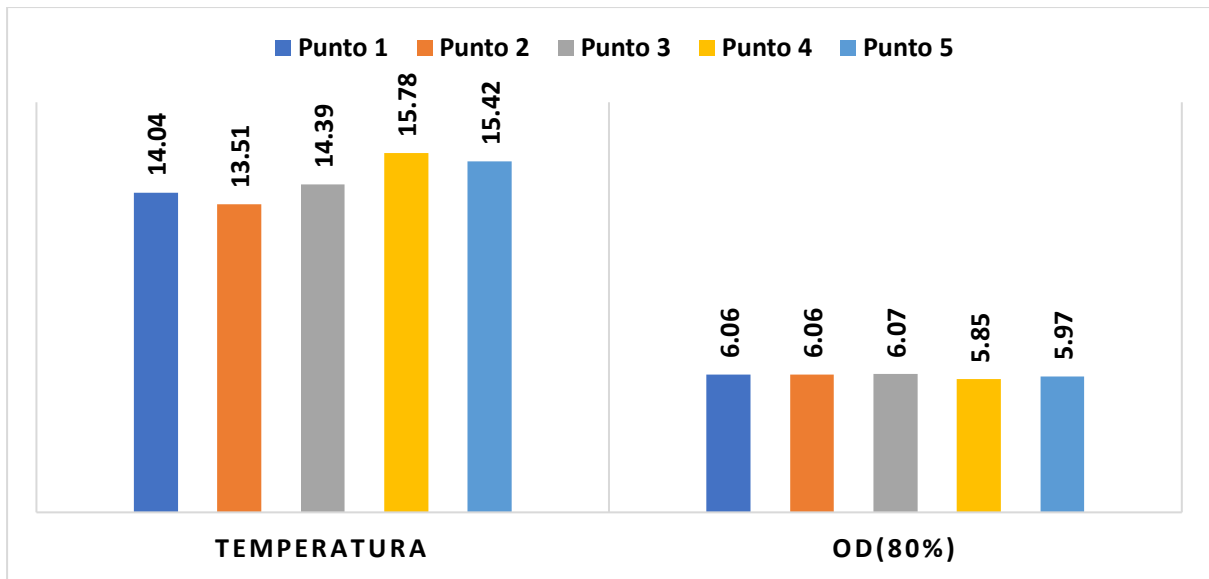


Figura 13. Variación de la temperatura y el oxígeno disuelto en cada punto.

3.3.2 pH:

El potencial hidrógeno (Figura 14) va de manera ascendente desde un valor de 7.34 a 8.87, el cual se considera dentro de un rango admisible en cada uno de los puntos analizados.

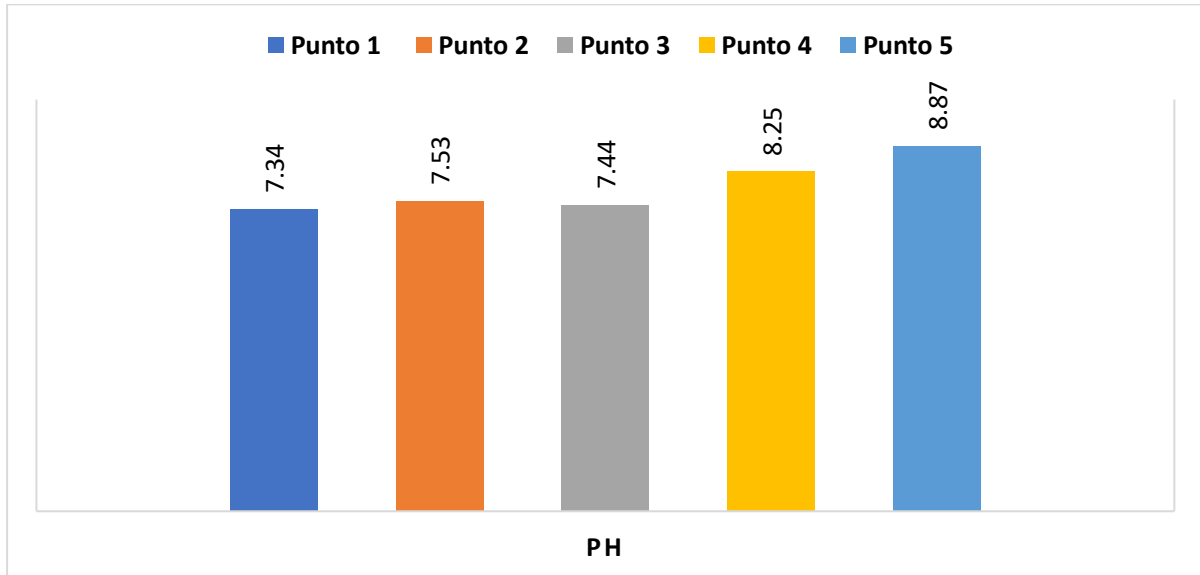


Figura 14. Variación del pH en cada punto.

3.3.3 Turbidez y Sólidos Suspendidos

En la Figura 15, se observa una tendencia en los valores obtenidos en la turbidez de los puntos analizados, mientras que los sólidos suspendidos se evidencia una concentración elevada en el punto 2, en este punto se divisa una gran cantidad de material suspendido además de que en esta zona existe una descarga por parte de la urbanización Copedac.

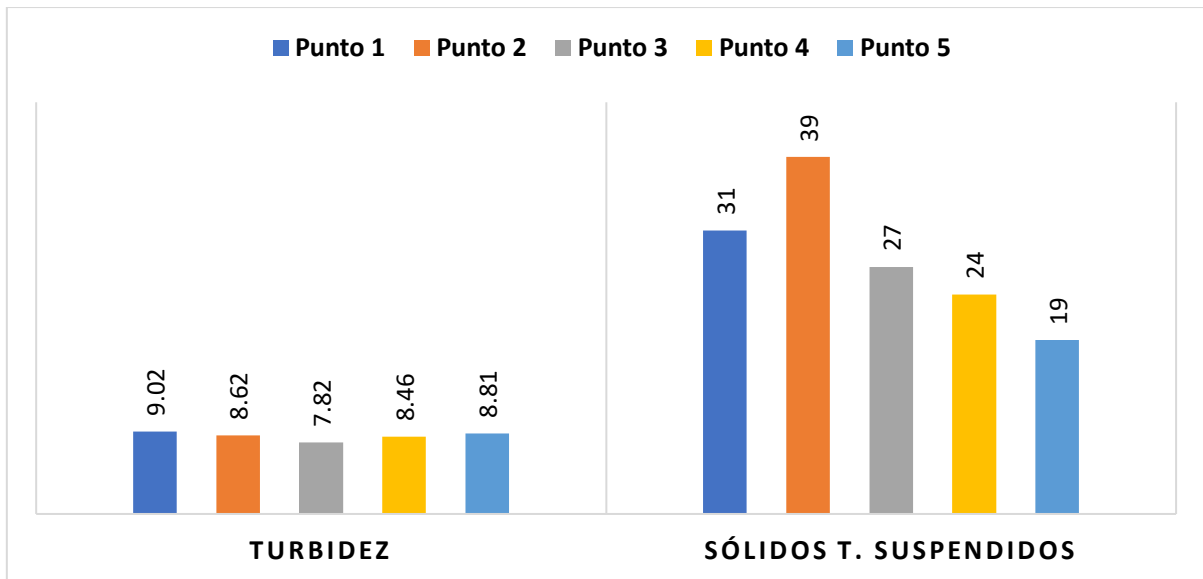


Figura 15. Variación de la turbidez y sólidos suspendidos en cada punto.

3.3.4 Conductividad y Sólidos Disueltos

Como se ve en la Figura 16, existe una relación entre los sólidos disueltos y la conductividad ya que a medida que incrementa los sólidos disueltos, también incrementa la conductividad. En todos los puntos, el cambio que sufren los valores de sólidos disueltos, así como los valores de la conductividad, no muestran una variación significativa. Esto se debe a que la corriente homogeniza gran parte de los sólidos disueltos en el agua.

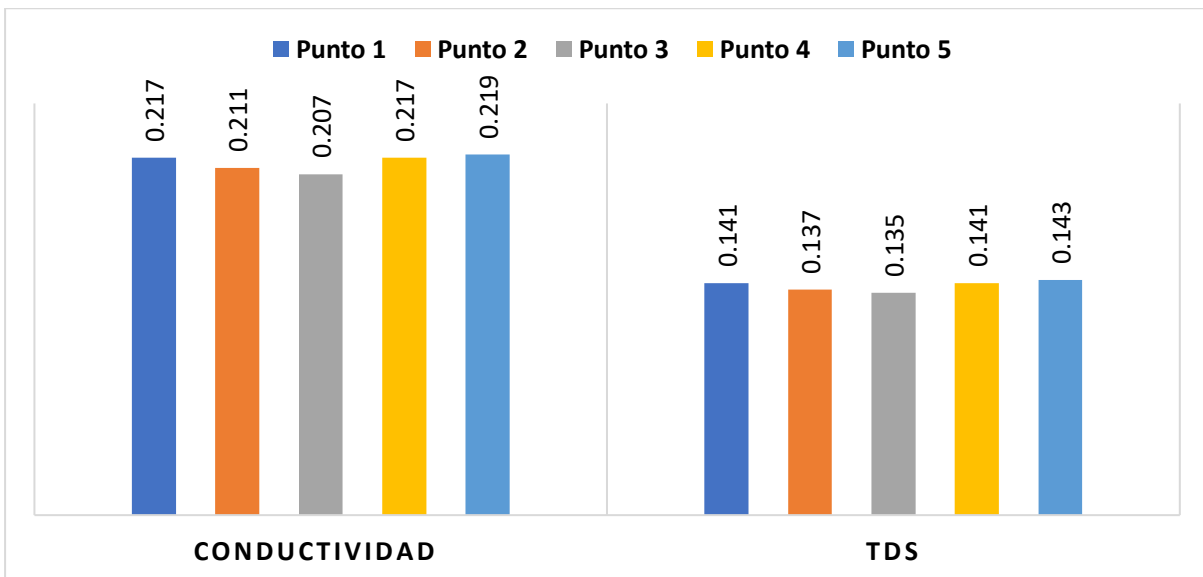


Figura 16. Variación de la conductividad y TDS de cada punto.

3.3.5 Salinidad:

En el Figura 17 se observa que la salinidad no tiene cambios en ninguno de los puntos, se mantiene un valor de 0.01 mg/L lo que supone que existe un mínimo de fuentes aportantes de sales minerales al cauce.

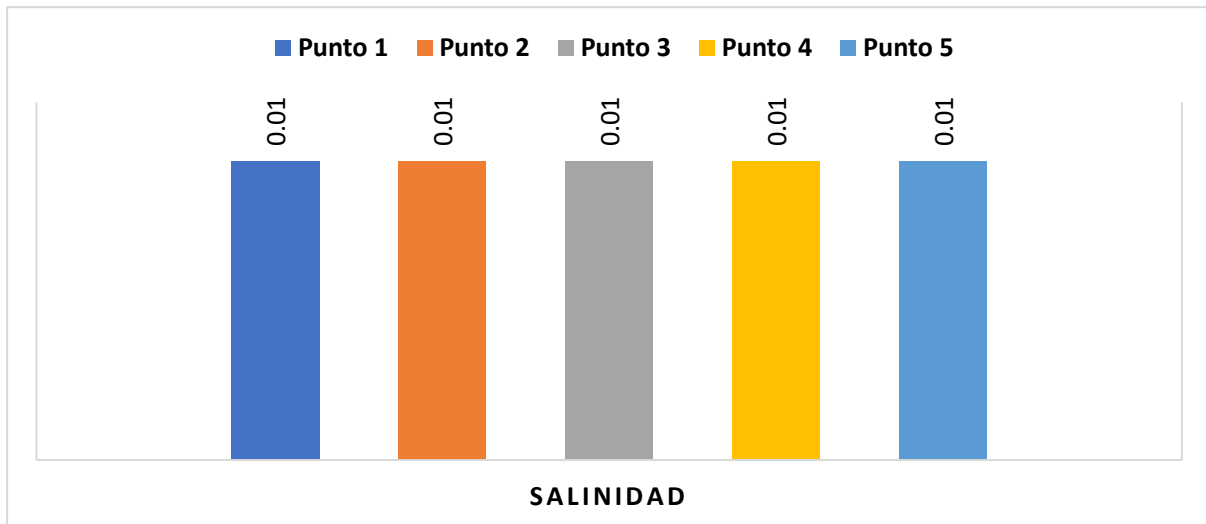


Figura 17. Variación de la salinidad en cada punto.

Los análisis *in situ* mostraron que existen variaciones en el rango en que se encuentra el oxígeno disuelto de 5.85 mg/L a 6.07 mg/L que son producidas por la aireación natural de la corriente cuando el flujo de agua golpea en las rocas, también las disminuciones de OD son producidas por descargas de aguas residuales. En adición, como se observa en la Figura 13, a mayor temperatura el oxígeno disuelto disminuye y viceversa. Los valores de pH van en incremento desde 7.34 a 8.87, los cuales están dentro del rango para la conservación de la vida acuática en el río y están dentro del límite máximo permisible que establece el TULSMA (2015), Anexo 1, Libro VI, Tabla 3, el cual es 6.5 a 9 para agua dulce.

3.4 Evaluación de los parámetros analizados en el laboratorio

Los análisis de nitratos, nitritos, sulfatos, hierro, fosfatos, manganeso, cobre, DQO fueron realizados en el laboratorio de Tecnología Industrial - Área Agua y Saneamiento Ambiental de la ESFOT. El resto de análisis: color real y aparente, dureza total y cálcica fueron realizados en el Laboratorio de Docencia de Ingeniería Ambiental (LDIA), los cuales se observan en la Tabla 9. Por otra parte, en el Centro de Investigación y Control Ambiental (CICAM) se realizaron: coliformes fecales y totales, DBO₅, sólidos totales y sólidos

suspendidos. El informe con los resultados obtenidos en el laboratorio acreditado (CICAM) se observa en el Anexo 4.

Tabla 9. Parámetros analizados en el laboratorio.

Parámetros	Unidades	Valor				
		Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5
Nitritos	mg/L NO ₂ ⁻	1	2	menor a 0	1	1
Nitratos	mg/L N-NO ₃ ⁻	0.80	0.70	0.80	11.7	1.1
Sulfatos	mg/L SO ₄	11	12	10	5	8
Hierro	mg/L Fe	0.30	0.30	0.28	0.34	0.64
Fosfatos	mg/L PO ₄ ⁻³	0.65	0.40	0.61	2.09	0.74
Manganeso	mg/L Mn	0.025	0.023	0.033	0.033	0.038
Cobre	mg/L Cu	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02
DQO	mg/L DQO	8	13	17	19	19
DBO₅	mg/L DBO ₅	menor a 2	menor a 2	menor a 2	menor a 2	menor a 2
Color Real	unid PtCo	16	6	9	13	8
Color Aparente	unid PtCo	20	48	43	68	64
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	120.10	100.10	96.08	116.10	116.10
Dureza Cálcica	mg CaCO ₃ /L	48.04	44.04	52.05	68.06	80.07
Sólidos Totales	mg/L	244	250	234	254	240
Sólidos T. Suspendidos	mg/L	31	39	27	24	19
Sólidos T. Disueltos	mg/L	213	211	207	230	221
Coliformes Totales	NMP/100 mL	2.1x10 ⁵	4.6x10 ⁴	4.6x10 ⁵	4.6x10 ⁵	1.1x10 ⁵
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	1.5x10 ⁵	1.5x10 ⁴	1.5x10 ⁵	4.6x10 ⁵	1.1x10 ⁵

3.4.1 Nitritos y nitratos

Los nitritos en el cauce se mantienen sin variaciones significativas en todos los puntos, excepto en el punto 3 donde debido a la precisión del espectrofotómetro (0 a 250 mg/L) dificulta que pueda presentar resultados menores a 1 mg/L. En cuanto a los nitratos se mantienen en un rango de 0.8 a 1.1 mg/L, a excepción del punto del punto 4 (Monumento al Maíz) donde el resultado se incrementa hasta 11.7 mg/L. Esto es causado debido a la existencia de comercios aledaños que utilizan detergentes y estos son vertidos en la alcantarilla que termina siendo descargada directamente en el cauce del río. Las variaciones de nitritos y nitratos se observan en la Figura 18.

En los puntos analizados existen nutrientes como: nitratos y nitritos los que debido a su incremento de concentración en el punto 4 favorecen el desarrollo de algas las cuales por el

proceso de fotosíntesis consumen el oxígeno disuelto del agua, este factor refleja la baja concentración de oxígeno disuelto.

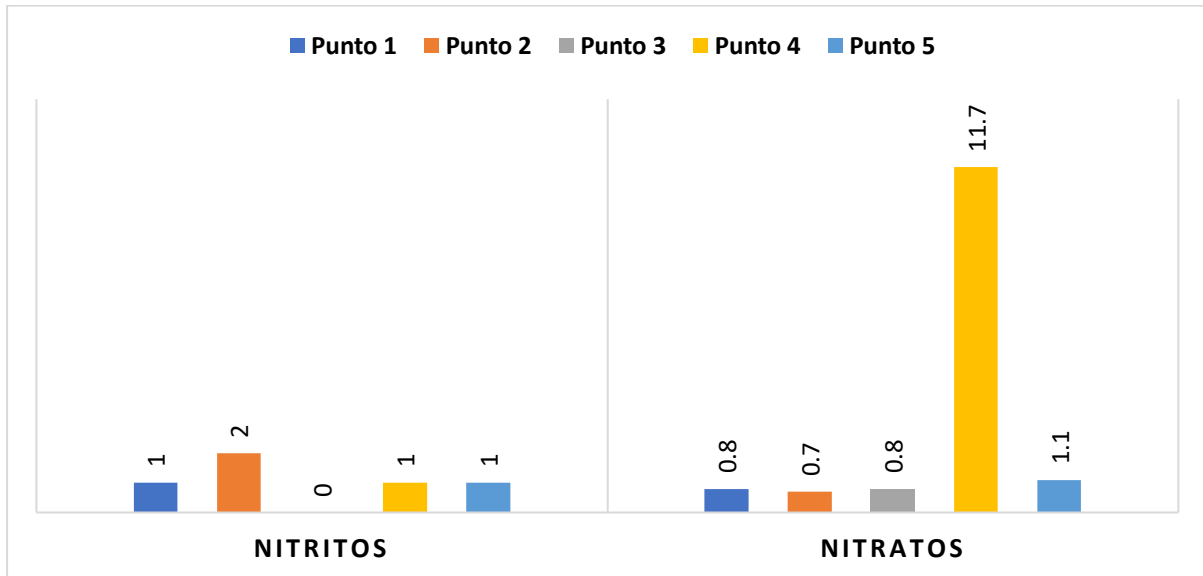


Figura 18. Variación de los nitritos y nitratos de cada punto.

3.4.2 Sulfatos

Los resultados obtenidos en los análisis de los sulfatos, como se ve el Figura 19, reflejan una disminución de la concentración de sulfatos aguas abajo siendo el valor más alto en el Parque Selva Alegre con 12 mg/L (punto 2) y el valor más bajo en El Monumento al Maíz con 5 mg/L (punto 4), se debe a que en este tramo no presenta un lecho rocoso del río a diferencia del tramo que contiene altas concentraciones de sulfato.

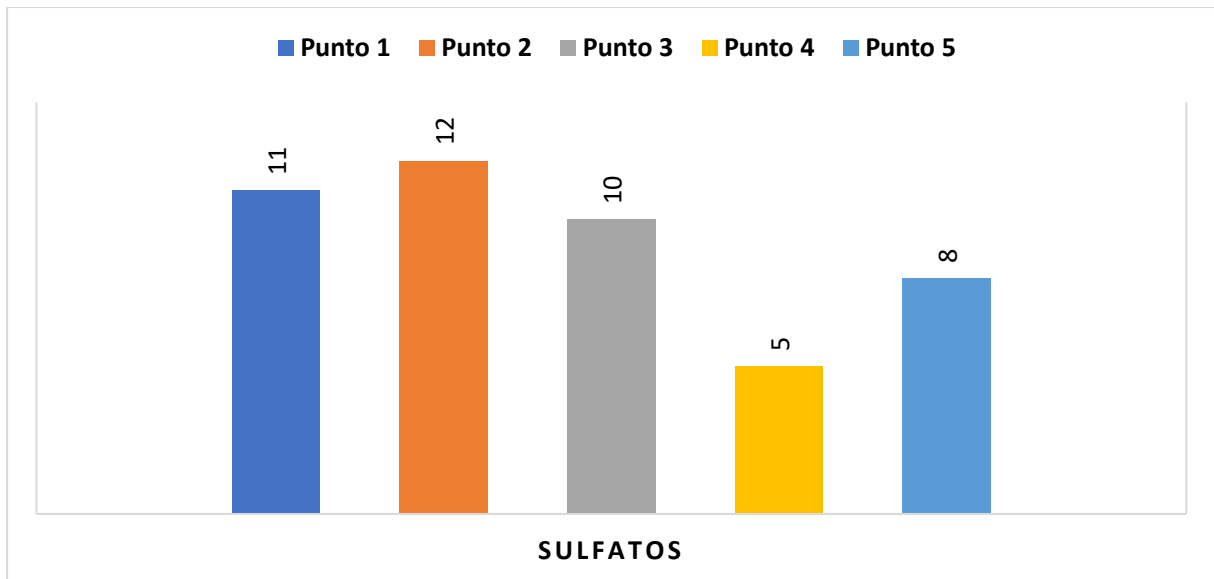


Figura 19. Variación de sulfatos en cada punto.

3.4.3 Hierro

Los análisis de hierro, como se observa en la Figura 20, los valores obtenidos de hierro oscilan en el punto 3 donde la concentración de hierro es de 0.28 mg/L, siendo este el punto más bajo, al punto 5 donde la concentración de hierro aumenta a 0.64 mg/L, este aumento se lo puede atribuir al lecho rocoso que se encuentra en esta zona, ya que no existe algún otro factor antrópico que indique este aumento. En el TULSMA (2015), Anexo 1, Libro VI, Tabla 3 se menciona como límite máximo permisible una concentración de 0.3 mg/L de hierro, el cual en los puntos 4 y 5 no cumple la normativa ya que las concentraciones en dichos puntos son de 0.34 mg/L y 0.64 mg/L de hierro respectivamente.

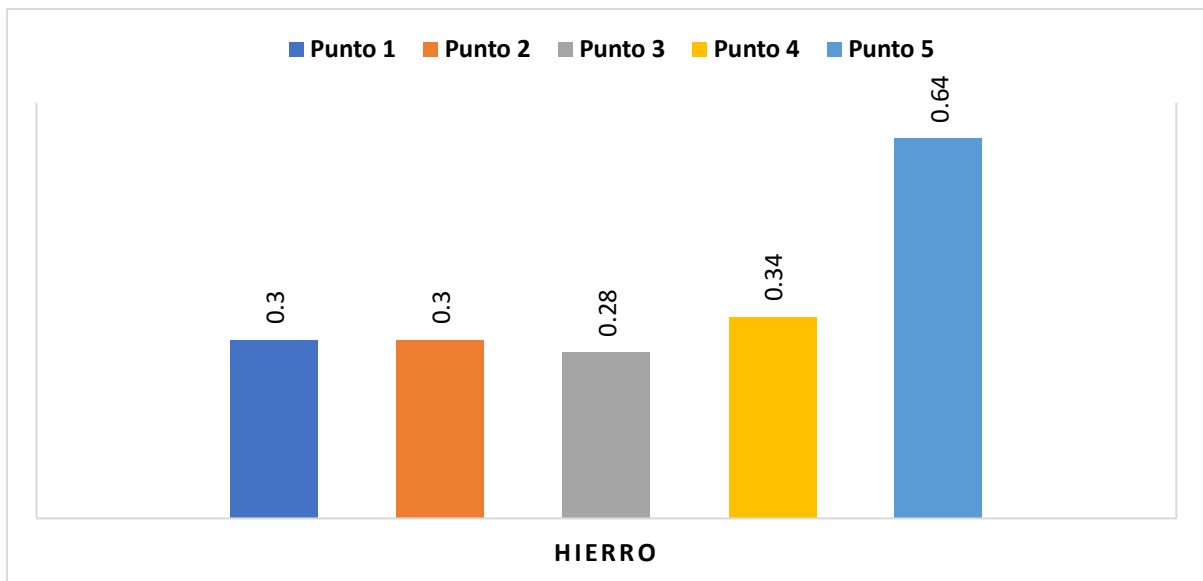


Figura 20. Variación de hierro en cada punto.

3.4.4 Fosfatos

La concentración de fosfatos en el cauce se incrementa en el punto 4 donde la concentración es de 2.09 mg/L, a diferencia del resto de puntos. Este aumento está relacionado con la presencia de comercios que utilizan detergentes y productos de limpieza en la zona, lo que afectaría la concentración de fosfatos en este punto. En la Figura 21 se observa la variación del fosfato.

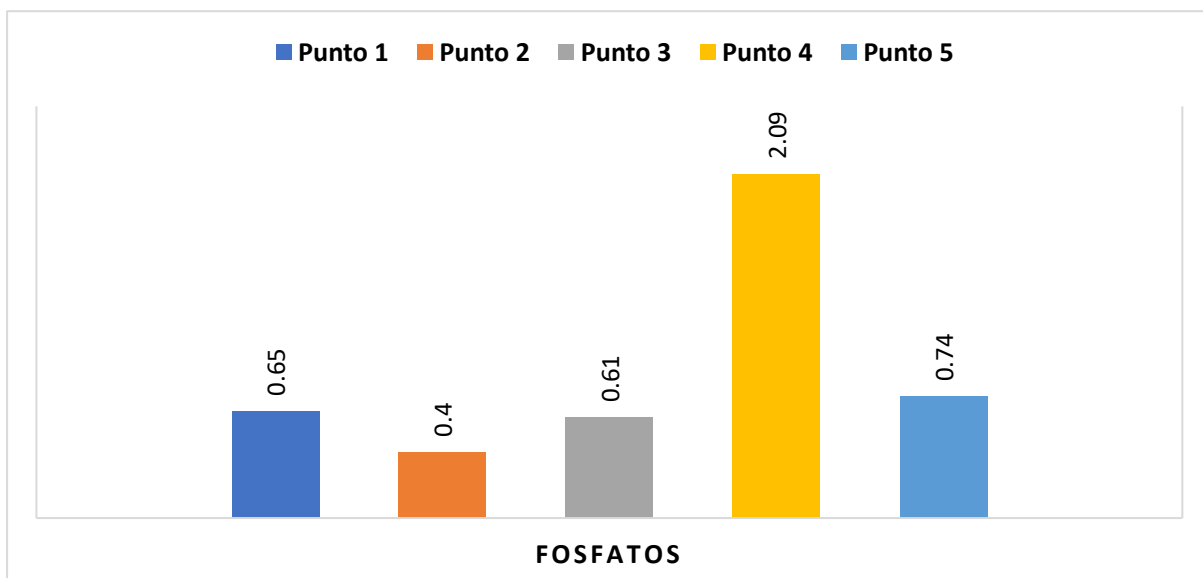


Figura 21. Variación de fosfatos en cada punto.

3.4.5 Manganese y Cobre

Las concentraciones de manganeso y cobre son mínimas en cada uno de los puntos de muestreo como se observa en la Figura 22. El manganeso se encuentra en un rango de 0.023 a 0.038 mg/L y el cobre está en un rango de 0.01 a 0.02 mg/L, lo que indica que no existe una fuente o factor que incremente la concentración de estos dos metales.

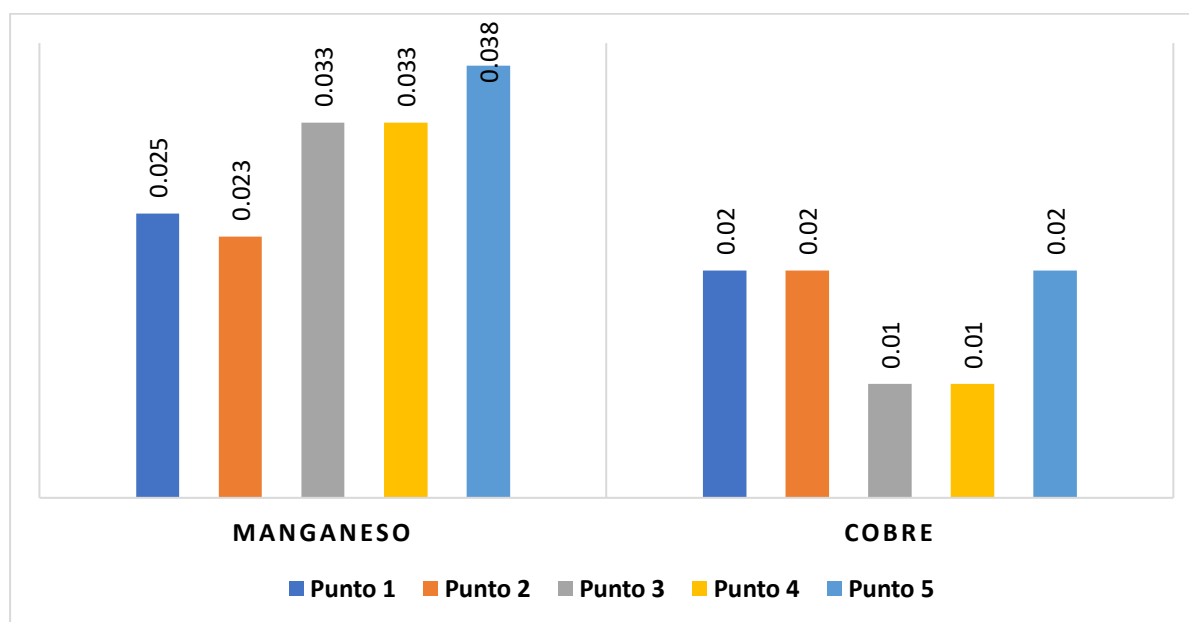


Figura 22. Variación del manganeso y cobre de cada punto.

Las concentraciones de cobre en los puntos de muestreo no presentan cambios significativos. En el TULSMA (2015), Anexo 1, Libro VI, Tabla 3 se menciona como límite máximo permisible de cobre una concentración de 0.02 mg/L, valor con el cual los 5 puntos de análisis están dentro de la normativa. Por otra parte, la normativa no establece una concentración específica para el manganeso.

3.4.6 DQO y DBO

En la Figura 23, se aprecian los valores de DQO y DBO₅ de los puntos analizados. Las concentraciones de DQO a partir del punto 1 hasta el punto 5 se incrementan de 8 mg/L a 19 mg/L, debido a que entre puntos existen descargas de aguas residuales de la zona urbana aledaña que contienen materia orgánica. Por otra parte, de acuerdo a los resultados emitidos por el CICAM, la DBO₅ se encuentra en valores menos a 2 mg/L en todos los puntos. Los valores más altos de DQO significan que hay más compuestos orgánicos oxidados químicamente que compuestos orgánicos oxidados biológicamente. En cuanto a

normativa, el TULSMA (2015), Anexo 1, Libro VI, Tabla 3 no establece límites máximos permisibles para DQO o DBO₅.

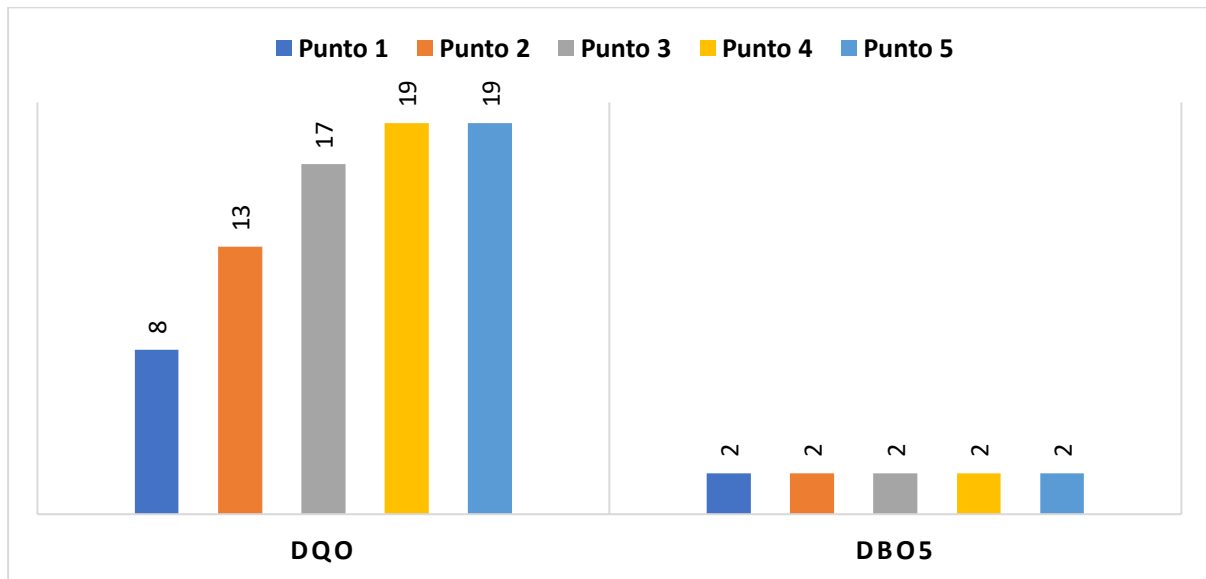


Figura 23. Variación de la DQO y DBO₅ en cada punto.

3.4.7 Color real y aparente

Los valores obtenidos en el color real toman en cuenta sólo los sólidos disueltos, por lo que estos valores son menores a los obtenidos en el color aparente. El máximo valor del color real se encuentra en punto 1 (Selva Alegre) donde tiene un valor de 16 mg/L, mientras que el valor más alto de color aparente se obtuvo en el punto 4 (Monumento al Maíz) donde tiene un valor de 68 mg/L. La cantidad de partículas suspendidas en el punto 4 es mayor debido a la presencia de algas, también la presencia de residuos de poda a las orillas del río. En la Figura 24 se observan los cambios de los valores de color real y aparente.

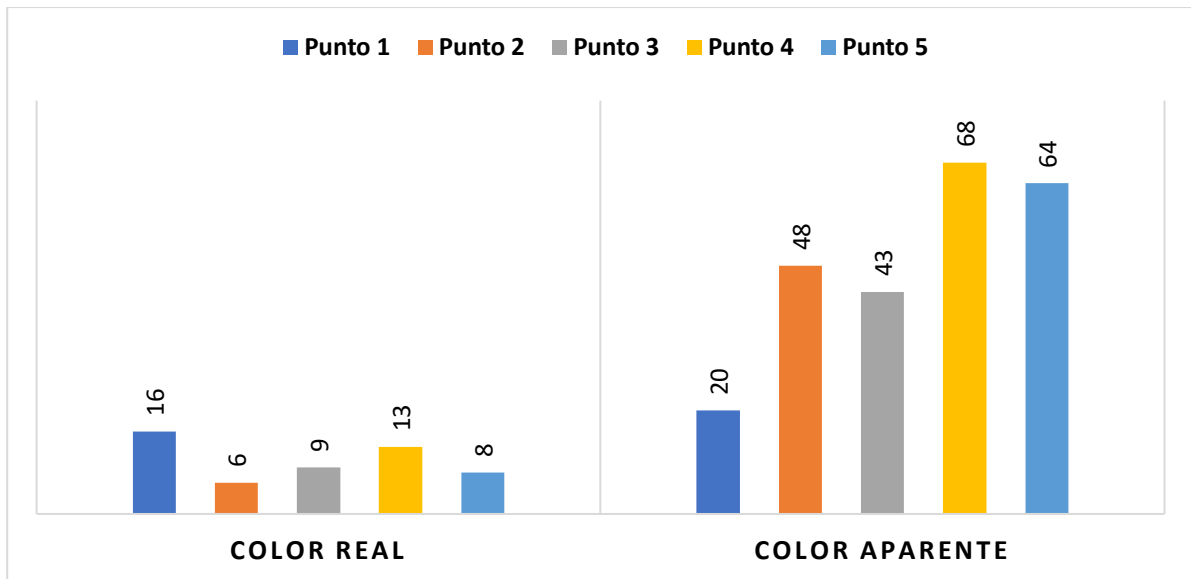


Figura 24. Variación del color real y aparente de cada punto.

3.4.8 Dureza cálcica y total

La dureza cálcica como se observa en la Figura 25, incrementa río abajo desde 48.04 mg/L hasta 80.07 mg/L, lo que supone que es causado por el incremento en la presencia de calcio en las rocas cercanas a las orillas del río. La dureza total en el punto 3 (Juan de Salinas) decrece hasta 96.08 mg/L debido a que en el tramo no hay presencia de rocas, mientras que en el resto de puntos se mantiene relativamente sin cambios significativos.

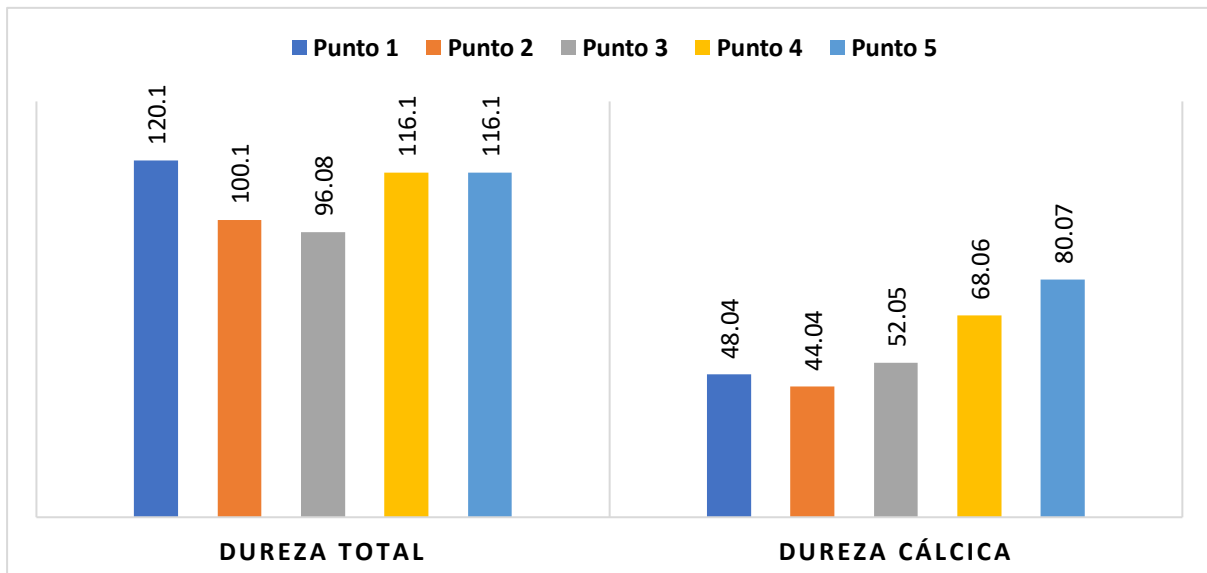


Figura 25. Variación de la dureza total y cálcica de cada punto.

3.4.9 Coliformes fecales y totales

En la Figura 26, se observa la existencia de coliformes tanto fecales y totales en cada uno de los puntos de análisis, por lo que se asume que el alto contenido de coliformes se debe a la presencia de ganado de pastoreo irregular en el punto 3 (Juan de Salinas). Otro factor influyente es la existencia de descargas de aguas residuales que son vertidas directamente al río, y cabe señalar que en el punto 4 existe el alquiler de caballos de paseo los cuales se los deja pastorear en zonas cercanas al río y sus desechos son un factor importante en el incremento de las coliformes en esa zona.

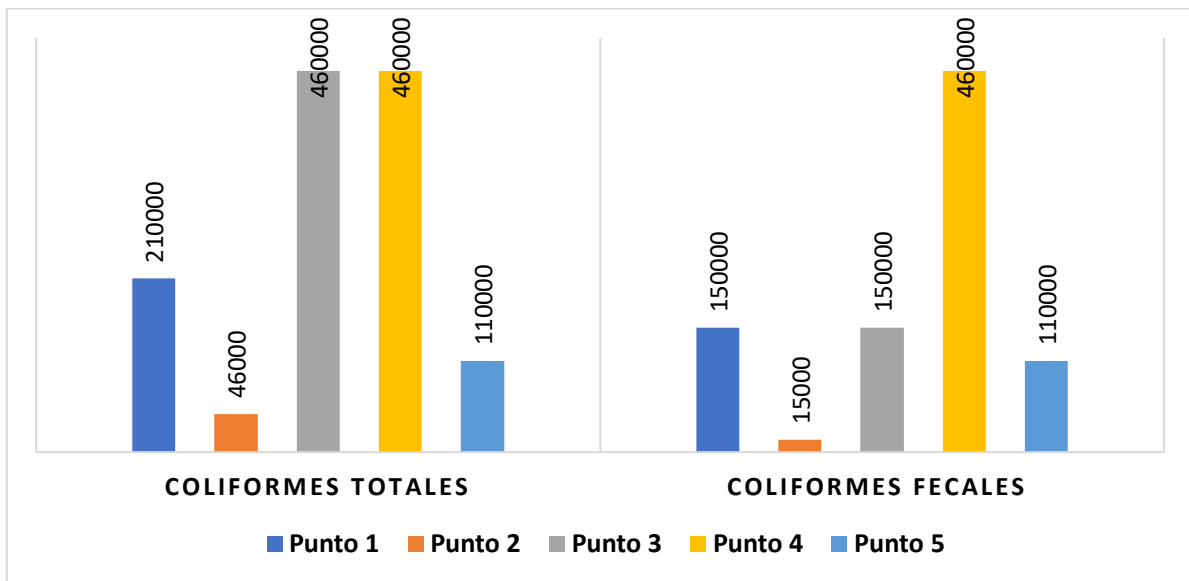


Figura 26. Variación de las coliformes totales y fecales en cada punto.

En las zonas aledañas al río en el punto 3 existe una gran cantidad de pasto, este se ha vuelto un lugar idóneo para pastorear ganado. Esto se evidencia en el incremento de coliformes fecales de 1.5×10^4 NMP/100mL a 4.6×10^5 NMP/100mL. En todos los puntos de muestreo, los resultados de los coliformes fecales superan el límite máximo permisible de 200 NMP/100mL establecido en el TULSMA (2015), Anexo 1, Libro VI, Tabla 3.

Las concentraciones de coliformes totales en los puntos de muestreo establecidos están en un rango 4.6×10^4 NMP/100mL a 4.6×10^5 NMP/100mL. Sin embargo, en el TULSMA (2015), Anexo 1, Libro VI, Tabla 3 no existe límite máximo permisible para coliformes totales.

3.5 Comparativa con la normativa

Los resultados de los parámetros analizados *in situ*, así como parámetros químicos, físicos y microbiológicos en el laboratorio de Tecnología Industrial - Área Agua y Saneamiento Ambiental de la ESFOT, Laboratorio Docente de Ingeniería Ambiental (LDIA) y en el Centro de Investigación y Control Ambiental (CICAM), fueron contrastados con la normativa ambiental vigente en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA), Libro VI, Anexo 1. En el caso de estudio fue comparada con la Tabla 3. Criterios de Calidad Admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuarios, dicha tabla se observa en el Anexo 8. En función a los resultados en las Tablas 10, 11, 12, 13 y 14 se visualizan los valores de los parámetros analizados y los límites máximos permisibles. Los cuadros señalados indican que dichos parámetros no cumplen con la normativa, además los espacios vacíos significan que el parámetro en cuestión no está especificado dentro de la normativa.

Tabla 10. Primer punto comparación con la normativa vigente.

Punto 1			Límite máximo permisible (TULSMA)	
Parámetros	Unidades	Resultados	Agua fría dulce	Agua cálida dulce
Cobre	mg/L Cu	0,02	0.02	0.02
Coliformes Fecales	NMP/100mL	2.1x10 ⁵	200	200
Coliformes Totales	NMP/100mL	1.5x10 ⁵	-----	-----
Conductividad	µs/cm	0.217	-----	-----
DBO	mg/L	Menor a 2	-----	-----
DQO	mg/L	8	-----	-----
Dureza Cálcica	mg/L Ca	48.04	-----	-----
Dureza Total	mg/L CaCO	120.1	-----	-----
Fosfatos	mg/L PO	0.65	-----	-----
Hierro	mg/L Fe	0.3	0.3	0.3
Manganeso	mg/L Mn	0.025	0.1	0.1
Nitratos	mg/L N-NO	0.8	-----	-----
Nitritos	mg/L N-NO	1	-----	-----
OD	mg/L	5.42	> 80 % OD saturación	> 60 % OD saturación
pH		7.34	6.5 - 9	6.5 - 9
Salinidad	ppm	0.01	-----	-----

SDT	mg/L	0.141	-----	-----
SS	mg/L	31	-----	-----
ST	mg/L	224	-----	-----
Sulfatos	mg/L SO	11	-----	-----
Temperatura	°C	14.04	Condiciones naturales + 5	Condiciones naturales +5
Turbidez	NTU	9.02	-----	-----

Tabla 11. Segundo punto comparación con la normativa vigente.

Punto 2			Límite máximo permisible (TULSMA)	
Parámetros	Unidades	Resultados	Agua fría dulce	Agua cálida dulce
Cobre	mg/L Cu	0.02	0.02	0.02
Coliformes Fecales	NMP/100mL	4.6x10 ⁴	200	200
Coliformes Totales	NMP/100mL	1.5x10 ⁴	-----	-----
Conductividad	µs/cm	0.211	-----	-----
DBO	mg/L	Menor a 2	-----	-----
DQO	mg/L	13	-----	-----
Dureza Cálcica	mg/L Ca	44.04	-----	-----
Dureza Total	mg/L CaCO	100.1	-----	-----
Fosfatos	mg/L PO	0.4	-----	-----
Hierro	mg/L Fe	0.3	0.3	0.3
Manganeso	mg/L Mn	0.023	0.1	0.1
Nitratos	mg/L N-NO	0.7	-----	-----
Nitritos	mg/L N-NO	2	-----	-----
OD	mg/L	6.6	> 80 % OD saturación	> 60 % OD saturación
pH		7.53	6.5 - 9	6.5 - 9
Salinidad	ppm	0.01	-----	-----
SDT	mg/L	0.137	-----	-----
SS	mg/L	39	-----	-----
ST	mg/L	250	-----	-----
Sulfatos	mg/L SO	12	-----	-----
Temperatura	°C	13.51	Condiciones naturales +5	Condiciones naturales +5
Turbidez	NTU	8.62	-----	-----

Tabla 12. Tercer punto comparación con la normativa vigente.

Punto 3			Límite máximo permisible (TULSMA)	
Parámetros	Unidades	Resultados	Agua fría dulce	Agua cálida dulce
			Cobre	mg/L Cu
Coliformes Fecales	NMP/100mL	4.6x10 ⁵	200	200
Coliformes Totales	NMP/100mL	1.5x10 ⁵	-----	-----
Conductividad	µs/cm	0.207	-----	-----
DBO	mg/L	Menor a 2	-----	-----
DQO	mg/L	17	-----	-----
Dureza Cálcica	mg/L Ca	52.05	-----	-----
Dureza Total	mg/L CaCO	96.08	-----	-----
Fosfatos	mg/L PO	0.61	-----	-----
Hierro	mg/L Fe	0.28	0.3	0,3
Manganeso	mg/L Mn	0.033	0.1	0,1
Nitratos	mg/L N-NO	0.8	-----	-----
Nitritos	mg/L N-NO	0	-----	-----
OD	mg/L	3.98	> 80 % OD saturación	> 60 % OD saturación
pH		7.44	6.5 - 9	6.5 - 9
Salinidad	ppm	0.01	-----	-----
SDT	mg/L	0.135	-----	-----
SS	mg/L	27	-----	-----
ST	mg/L	234	-----	-----
Sulfatos	mg/L SO	10	-----	-----
Temperatura	°C	14.39	Condiciones naturales +5	Condiciones naturales +5
Turbidez	NTU	7.82	-----	-----

Tabla 13. Cuarto punto comparación con la normativa vigente.

Punto 4			Límite máximo permisible (TULSMA)	
Parámetros	Unidades	Resultados	Agua fría dulce	Agua cálida dulce
			Cobre	mg/L Cu
Coliformes Fecales	NMP/100mL	4.6x10 ⁵	200	200
Coliformes Totales	NMP/100mL	4.6x10 ⁵	-----	-----
Conductividad	µs/cm	0.217	-----	-----
DBO	mg/L	Menor a 2	-----	-----
DQO	mg/L	19	-----	-----
Dureza Cálctica	mg/L Ca	68.6	-----	-----
Dureza Total	mg/L CaCO	116.1	-----	-----
Fosfatos	mg/L PO	2.09	-----	-----
Hierro	mg/L Fe	0.34	0.3	0.3
Manganeso	mg/L Mn	0.033	0.1	0.1
Nitratos	mg/L N-NO	11.7	-----	-----
Nitritos	mg/L N-NO	1	-----	-----
OD	mg/L	4.46	> 80 % OD saturación	> 60 % OD saturación
pH		7.25	6.5 - 9	6.5 - 9
Salinidad	ppm	0.01	-----	-----
SDT	mg/L	0.141	-----	-----
SS	mg/L	24	-----	-----
ST	mg/L	254	-----	-----
Sulfatos	mg/L SO	5	-----	-----
Temperatura	°C	15.78	Condiciones naturales +5	Condiciones naturales +5
Turbidez	NTU	8.46	-----	-----

Tabla 14. Quinto punto comparación con la normativa vigente.

Punto 5			Límite máximo permisible (TULSMA)	
Parámetros	Unidades	Resultados	Agua fría dulce	Agua cálida dulce
Cobre	mg/L Cu	0.02	0.02	0.02
Coliformes Fecales	NMP/100mL	1.1x10 ⁵	200	200
Coliformes Totales	NMP/100mL	1.1x10 ⁵	-----	-----
Conductividad	µs/cm	0.219	-----	-----
DBO	mg/L	Menor a 2	-----	-----
DQO	mg/L	19	-----	-----
Dureza Cálctica	mg/L Ca	80.07	-----	-----
Dureza Total	mg/L CaCO	116.1	-----	-----
Fosfatos	mg/L PO	0.74	-----	-----
Hierro	mg/L Fe	0.64	0.3	0.3
Manganeso	mg/L Mn	0.038	0.1	0.1
Nitratos	mg/L N-NO	1.1	-----	-----
Nitritos	mg/L N-NO	1	-----	-----
OD	mg/L	3.43	> 80 % OD saturación	> 60 % OD saturación
pH		7.87	6.5-9	6.5-9
Salinidad	ppm	0.01	-----	-----
SDT	mg/L	0.143	-----	-----
SS	mg/L	19	-----	-----
ST	mg/L	240	-----	-----
Sulfatos	mg/L SO	8	-----	-----
Temperatura	°C	15.42	Condiciones naturales + 5	Condiciones naturales +5
Turbidez	NTU	8.81	-----	-----

En función a las tablas anteriores, se presenta la Tabla 15 que muestra el cumplimiento de la normativa para cada punto.

Tabla 15. Cumplimiento de la normativa vigente.

Cumplimiento de la normativa			
Puntos	Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Observación
Punto 1	X	X	Los parámetros de coliformes fecales (2.1×10^5 NMP/100 mL) y el oxígeno disuelto (5.42 mg/L) NO CUMPLEN con la normativa ya que en el TULSMA el límite máximo permisible de coliformes es de 200 NMP/100 mL y el % de saturación de OD es >80.
Punto 2	X	X	El parámetro de coliformes fecales (4.6×10^4 NMP/100 mL) NO CUMPLE con la normativa debido a que el límite máximo permisible es de 200 NMP/100 mL.
Punto 3	X	X	Los parámetros de coliformes fecales (4.6×10^5 NMP/100 mL) y el oxígeno disuelto (3.98 mg/L) NO CUMPLEN la normativa ya que el límite máximo permisible de coliformes fecales es de 200 NMP/100 mL, y el % de saturación de OD es >80 y >60.
Punto 4	X	X	Los parámetros de coliformes fecales (4.6×10^5 NMP/100 mL), hierro (0.34 mg/L) y el oxígeno disuelto (4.46 mg/L) NO CUMPLE con la normativa ya que el límite máximo permisible de coliformes fecales es de 200 NMP/100 mL, el límite de hierro es de 0.3 mg/L y el % de saturación de OD es >80.
Punto 5	X	X	Los parámetros de coliformes fecales (1.1×10^5 NMP/100 mL), hierro (0.64 mg/L) y el oxígeno disuelto (3.43 mg/L) NO CUMPLEN la normativa ya que los límites permisibles de coliformes son de 200 NMP/100 mL, el límite de hierro es de 0.3 mg/L y el % de saturación de OD es >80 y >60.

3.6 Análisis ICA

En función a los parámetros analizados se analizó el Índice de Calidad del Agua que determinará el nivel de contaminación del río.

3.6.1 Análisis ICA del Primer Punto

En la Tabla 16 se visualiza que el ICA del primer punto es de 50.08 dándonos a conocer que la calidad del primer punto es “Mala”.

Tabla 16. ICA-NSF del primer punto.

PUNTO 1						
Parámetro	Valor	Unidades	Sub	Wi	Total	
1	Coliformes fecales	1.5x10 ⁵	NMP/100 mL	3	0.15	0.45
2	pH	7.34	unidades pH	90	0.12	10.8
3	DBO5	menor a 2	mg/L	81	0.10	8.1
4	Nitratos	0.8	mg/L	93	0.10	9.3
5	Fosfatos	0.65	mg/L	64	0.10	6.4
6	Temperatura	10.96	°C	20	0.10	2
7	Turbidez	9.02	NTU	77	0.08	6.16
8	Sólidos disueltos Totales	213	mg/L	71	0.08	5.68
9	Oxígeno Disuelto	10.3	% saturación	7	0.17	1.19
Valor del "ICA"						50.08

3.6.2 Análisis ICA del Segundo Punto

En la Tabla 17 se observa que el ICA del segundo punto es de 52.10 dándonos a conocer que la calidad del primer punto es “Regular”.

Tabla 17. ICA-NSF del segundo punto.

PUNTO 2						
Parámetro	Valor	Unidades	Sub	Wi	Total	
1	Coliformes fecales	1.5x10 ⁴	NMP/100 mL	9	0.15	1.35
2	pH	7.53	unidades pH	94	0.12	11.28
3	DBO5	menor a 2	mg/L	81	0.10	8.1
4	Nitratos	0.7	mg/L	91	0.10	9.1
5	Fosfatos	0.4	mg/L	72	0.10	7.2
6	Temperatura	11.49	°C	18	0.10	1.8
7	Turbidez	8.62	NTU	79	0.08	6.32
8	Sólidos disueltos Totales	211	mg/L	72	0.08	5.76
9	Oxígeno Disuelto	10.3	% saturación	7	0.17	1.19
Valor del "ICA"						52.1

3.6.3 Análisis ICA del Tercer Punto

En la Tabla 18 se visualiza que el ICA del punto tres, el cual tiene un valor de 51.48 que determina que la calidad del agua en este punto es **“Regular”**.

Tabla 18. ICA-NSF del tercer punto.

PUNTO 3					
Parámetro	Valor	Unidades	Sub	Wi	Total
1 Coliformes fecales	1.5x10 ⁵	NMP/100 mL	3	0.15	0.45
2 pH	7.44	unidades pH	92	0.12	11.04
3 DBO5	menor a 2	mg/L	81	0.10	8.1
4 Nitratos	0.8	mg/L	93	0.10	9.3
5 Fosfatos	0.61	mg/L	69	0.10	6.9
6 Temperatura	10.61	°C	21	0.10	2.1
7 Turbidez	7.82	NTU	81	0.08	6.48
8 Sólidos disueltos Totales	207	mg/L	74	0.08	5.92
9 Oxígeno Disuelto	10.3	% saturación	7	0.17	1.19
Valor del "ICA"					51.48

3.6.4 Análisis ICA del Cuarto Punto

En la Tabla 19 se divide el ICA del punto cuatro, el cual tiene un valor de 40.60 que determina que la calidad del agua en este punto es **“Mala”**.

Tabla 19. ICA-NSF del cuarto punto.

PUNTO 4					
Parámetro	Valor	Unidades	Sub	Wi	Total
1 Coliformes fecales	4.6x10 ⁵	NMP/100 mL	3	0.15	0.45
2 pH	8.25	unidades pH	78	0.12	9.36
3 DBO5	menor a 2	mg/L	81	0.10	8.1
4 Nitratos	11.7	mg/L	52	0.10	5.2
5 Fosfatos	2.09	mg/L	27	0.10	2.7
6 Temperatura	9.22	°C	25	0.10	2.5
7 Turbidez	8.46	NTU	76	0.08	6.08
8 Sólidos disueltos Totales	230	mg/L	67	0.08	5.36
9 Oxígeno Disuelto	9.9	% saturación	5	0.17	0.85
Valor del "ICA"					40.6

3.6.5 Análisis ICA del Quinto Punto

En la Tabla 20 se observa el ICA del punto cinco, el cual tiene un valor de 44.09 que determina que la calidad del agua en este punto es “Mala”.

Tabla 20. ICA-NSF del quinto punto.

PUNTO 5						
Parámetro	Valor	Unidades	Sub	Wi	Total	
1 Coliformes fecales	1.1x10 ⁵	NMP/100 mL	3	0.15	0.45	
2 pH	8.87	unidades pH	53	0.12	6.36	
3 DBO5	menor a 2	mg/L	81	0.10	8.1	
4 Nitratos	1.1	mg/L	88	0.10	8.8	
5 Fosfatos	0.74	mg/L	53	0.10	5.3	
6 Temperatura	9.58	°C	23	0.10	2.3	
7 Turbidez	8.81	NTU	78	0.08	6.24	
8 Sólidos disueltos Totales	221	mg/L	69	0.08	5.52	
9 Oxígeno Disuelto	10.1	% saturación	6	0.17	1.02	
Valor del "ICA"						44.09

En la Tabla 21 se indica el valor del índice de calidad del agua (ICA) promedio de los 5 puntos de muestreo analizados, dando como resultado un promedio de 47.67, valor que indica que se encuentra en una categoría de “Mala” calidad del agua según el rango de clasificación del ICA-NSF.

Tabla 21. ICA-NSF promedio del río Santa Clara.

ICA-NSF	
Puntos	Valor
Punto 1	50.08
Punto 2	52.10
Punto 3	51.48
Punto 4	40.60
Punto 5	44.09
Promedio	47.67
Rango ICA-NSF	MALA

Los resultados obtenidos del ICA en cada punto se deben principalmente a la baja concentración de oxígeno disuelto que se encuentra en un rango de 6.6 mg/L a 3.43 mg/L, la presencia de coliformes fecales, siendo el valor más alto 4.6x10⁵ NMP/100mL (Sector

Monumento al Maíz) y en cierta medida a la temperatura. Como se identifica en la Tabla 3, el porcentaje relativo del OD es mayor debido a que este interviene de gran manera en varios procesos que suceden en el río, como por ejemplo la degradación de sustancias orgánicas, procesos como la fotosíntesis, además de estar ligada a la oxidación química de ciertas sustancias en el agua.

3.7 Propuesta de Mitigación

La propuesta de mitigación consiste en una herramienta que permitirá determinar y definir las acciones que se deberán tomar con el propósito de reducir los niveles de contaminación del río Santa Clara, con el estudio realizado se logró identificar ciertas actividades antrópicas que deterioran las condiciones del río.

- Descargas de aguas residuales
- Pastoreo a las orillas del río
- Desecho de sólidos al río

Una vez identificadas estas fuentes de contaminación se plantearon algunas actividades que puedan minimizar la carga contaminante en el río Santa Clara.

Los residuos sólidos que se desechan en el río son principalmente plásticos y envases de alimentos

3.6.1 Objetivos

Objetivo General:

- Proponer acciones o medidas para mitigar los impactos negativos en el cauce del río Santa Clara desde el barrio Selva Alegre hasta el parque Santa Clara.

Objetivos específicos:

- Monitorear y controlar las actividades del sector que causan impactos ambientales negativos en el ambiente.
- Implementar una gestión de residuos apropiada basada en la normativa vigente para mitigar los impactos negativos en el ambiente.
- Promover el cumplimiento de las acciones propuestas en el plan de mitigación entre los habitantes de la zona.

3.6.2 Desarrollo de la propuesta

En el tramo seleccionado del río se evidenció la presencia de residuos sólidos en el cauce, estos fueron más notorios a partir del punto 3 (Juan de Salinas) hasta el punto 5 (Parque Santa Clara). La existencia de estos residuos no es agradable de forma visual a los visitantes o turistas del parque, es otro factor más a tomar en cuenta como fuente de contaminación y en la normativa del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA), Libro VI, Anexo 1, Tabla 3 se menciona que no debe existir presencia de material flotante.

Los residuos sólidos representan un problema de contaminación el cual afecta a la salud pública, por lo que se propone a continuación en la Tabla 22 medidas para mitigar los impactos de estos en el río.

Tabla 22. Propuesta de manejo de residuos.

PROGRAMA DE MANEJO DE RESIDUOS	
OBJETIVO	Reducir la cantidad de residuos sólidos arrojados al río y en sus orillas.
RESPONSABLES	GAD de Rumiñahui y la Comunidad
IMPACTO RECONOCIDO	MEDIDA PROPUESTA
DESECHOS SÓLIDOS FLOTANTES	Colocar señalizaciones de advertencia de "no arrojar basura" cerca de las orillas del río.
	Construir una malla en puntos de fácil acceso al río para evitar que pobladores arrojen basura al cauce.
	Colocar depósitos de residuos para que las personas no los utilicen en lugar de arrojar basura al río.
	Realizar controles con las autoridades para verificar el cumplimiento de las medidas propuestas.
	Concientizar sobre el manejo y aprovechamiento de residuos sólidos no peligrosos.

Durante la toma de muestras en los puntos 3 y 4 se comprobó la presencia de ganado pastoreando a las orillas del río, como se observa en la Figura 27, lo que también influye en los niveles elevados de coliformes obtenidos en los análisis enviados al laboratorio CICAM. En base a esta problemática, se identificaron las posibles medidas que contribuyan a

contrarrestar los efectos de la actividad ganadera en el sector. En la Tabla 23 se indican las medidas propuestas para el control del pastoreo.

Tabla 23. Propuesta de control de pastoreo.

PROGRAMA DE CONTROL DE PASTOREO	
OBJETIVO	Controlar la contaminación producto de ganadería en las aguas del río.
RESPONSABLES	GAD de Rumiñahui y Comunidad Ganadera
IMPACTO RECONOCIDO	MEDIDA PROPUESTA
PRESENCIA MATERIAL FECAL	Informar sobre las afecciones causadas por heces presentes el agua y su peligro para la salud humana.
	Coordinar con la autoridad reguladora capacitaciones sobre buenas prácticas ganaderas amigables con el ambiente.
	Proponer puntos alternativos de pastoreo que se encuentren alejados del río.



Figura 27. Ganado pastando cerca del río Santa Clara.

Se plantean ideas que incluyan al Municipio de Rumiñahui en talleres explicativos dirigidos a los miembros de las zonas aledañas al río Santa Clara, haciendo énfasis en los Parques Selva Alegre y Santa Clara teniendo gran parte de aglomeración de gente y además siendo estos puntos donde se identificaron mayor cantidad de residuos desechados al río. El contenido de los talleres debe estar enfocado en la “Correcta Disposición de Residuos Sólidos” y a la “Educación Ambiental”.

Se identificó que la comunidad influye en gran medida en la presencia de residuos sólidos en el río Santa Clara, por lo que se propone un programa con diversas medidas que permitan a

las personas participar activamente en el cuidado del río con el apoyo del GAD de Rumiñahui. En la Tabla 24 se muestra los impactos que se identificaron y las medidas que se proponen.

Tabla 24. Programa de participación comunitaria.

PROGRAMA DE PARTICIPACIÓN COMUNITARIA	
OBJETIVO	Disminuir el volumen de contaminantes sólidos que se originan por las actividades de las personas en el parque Selva Alegre y Santa Clara.
RESPONSABLES	GAD de Rumiñahui y la Comunidad
IMPACTO RECONOCIDO	MEDIDA PROPUESTA
GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS	Realizar conjuntamente con la comunidad depósitos donde se dispongan los residuos sólidos plásticos en los parques.
	Instalar letreros referentes al cuidado y correcta disposición de los residuos, como por ejemplo "Prohibido arrojar residuos al río", "Colocar los residuos plásticos aquí", "Colocar los residuos de comida aquí" esto con la finalidad de reducir las malas prácticas ambientales.
	Establecer un punto de acopio en el parque Selva Alegre y Santa Clara donde los residuos plásticos sean llevados a estaciones de reciclaje.
	Realizar talleres con la comunidad acerca del buen manejo y correcta disposición de los residuos, y como se ve afectado el río Santa Clara si estos son desechados directamente en este.
	Realizar conjuntamente con la comunidad y con la ayuda del GAD de Rumiñahui mingas en donde se recoja la basura de los tramos determinados, como puede ser desde el parque Selva Alegre hasta el Fin del parque Santa Clara o hasta el Centro Comercial San Luis Shopping, tramos donde existe un contacto más cercano entre la comunidad y las orillas del río. Se puede realizar las mingas cada 6 meses.
DESCONOCIMIENTO ACERCA DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES	Coordinar con el GAD y los miembros de la comunidad que visitan los parques talleres sobre los impactos que afectan al río y las consecuencias que pueden traer la contaminación de este.

	Coordinar con miembros del GAD en impartir pequeñas charlas a las escuelas y colegios cercanos del río acerca del cuidado de este y a su vez informar sobre las correctas prácticas ambientales para que desde los más pequeños se expanda una conciencia ambiental.
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

En consideración a las descargas de aguas residuales identificadas tanto en el punto 2 (Parque Selva Alegre) y el punto 4 (Monumento al Maíz) se evidenció que por la presencia de estas descargas ciertos parámetros aumentaron su concentración, los cuales fueron: nitratos, sulfatos, fosfatos y coliformes. Las condiciones de la descarga del punto 4 son deplorables, ya que a parte de la carga contaminante proveniente de los comercios aledaños se evidencia una capa de grasa alrededor de la descarga lo que implica una mayor carga contaminante. En el punto 2, la descarga proviene de la urbanización Copedac no presenta ningún tipo de tratamiento antes de su vertido al río Santa Clara. Se debe implementar el tratamiento, seguimiento y control a cada una de las descargas identificadas haciendo énfasis en el tratamiento para la remoción de:

- Nutrientes (nitritos, nitratos, fosfatos)
- Coliformes fecales y totales
- Sólidos

Al mismo tiempo, se exigirá el tratamiento de los posibles contaminantes propios de cada uno de los comercios presentes en el Monumento al Maíz (punto 4). Adicionalmente, en el punto ya mencionado se controlará las láminas de grasa que se generan en la descarga. En la Figura 28 se observa la descarga.

Alrededor del punto 4 existen comercios relacionados con vehículos y uso de aceites, a los que se les mencionará que no pueden verter directamente al río gasolina, aceites lubricantes o cualquier derivado del petróleo que utilicen en sus procesos.

Se aplicará un plan de seguimiento a cada una de las descargas, para monitorear el respectivo cumplimiento de la calidad del agua que es vertida al río Santa Clara. Este monitoreo permitirá obtener registros periódicos que facilitarán la corrección y optimización las medidas de mitigación implementadas para disminuir la carga contaminante en cada punto.

El monitoreo permitirá extraer información en dos ejes base:

- El control en cada descarga informará sobre los límites máximos permisibles para su vertido.

- Identificará si los procesos aplicados son o no suficientes para que las características del agua que va a ser vertida cumplan la normativa.



Figura 28. Descarga de aguas residuales Parque Santa Clara.

Dentro de las propuestas se sugiere tener mayor control con respecto a las descargas ilegales que realizan camiones de bombeo de pozos séptico que vierten toda esa carga contaminante directamente al río Santa Clara. El GAD de Rumiñahui implementará normas sancionatorias a este tipo de actos que elevan las cargas contaminantes del cauce.

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se realizó la medición del caudal de río Santa Clara, el cual muestra un incremento a medida que el cauce avanza río abajo debido a las descargas de provenientes de los asentamientos humanos aledaños. En el punto 1 se obtuvo un caudal de 1.11 m³/s y en el punto 5 llega un caudal de 2.05 m³/s.
- Se analizaron los parámetros *in situ* en los cinco puntos establecidos y se obtuvo un promedio de temperatura de 14.73 °C, un promedio de pH de 7.89, conductividad de 0.214 µs/cm, un promedio de OD de 4.78 mg/L, un promedio de TDS de 0.139 g/L, un promedio de salinidad de 0.01 ppm y una turbidez de 8.55 NTU, de los cuales el único parámetro que está fuera de rango en el TULSMA (2015), Anexo 1, Libro VI, Tabla 3 es el oxígeno disuelto que está por debajo de los límites permisibles.
- Los parámetros analizados en el laboratorio que se encuentra normados en el TULSMA (2015), Anexo 1, Libro VI, Tabla 3 son: manganeso, cobre, hierro y coliformes fecales. De los cuales las coliformes fecales incumplen la normativa superando el límite máximo en todos los puntos, con un valor promedio de 1.77x10⁵ NMP/100mL. El hierro se encuentra fuera de norma en los puntos 4 y 5 con valores de 0.34 mg/L y 0.64 mg/L respectivamente.
- Se logró determinar el ICA-NSF en los puntos de muestreo seleccionados del río Santa Clara, dando como resultado que en el Punto 1 (Selva Alegre) tiene un valor de 50.08, mala calidad; en el Punto 2 (Parque de Selva Alegre) tiene un valor de 52.10, calidad regular; Punto 3 (Juan Salinas) tiene un valor de 51.48, calidad regular; Punto 4 (Monumento al Maíz) tiene un valor de 40.60, mala calidad; Punto 5 (Parque Santa Clara) tiene un valor de 44.09, mala calidad.
- Se determinó un ICA-NSF promedio de los 5 puntos de muestreo seleccionados, para tener un valor de referencia de todo en tramo analizado del río Santa Clara, el cual tiene un valor de 47.67, dentro del rango de clasificación según (Territoriales, 2021) la describe como “Mala” calidad.
- Se elaboró un plan de mitigación en función de los resultados obtenidos, el cual propone acciones para controlar las descargas de aguas residuales, reducir la cantidad de residuos suspendidos en el cauce del río e iniciativas que incluyan a la comunidad en el cuidado del mismo.

4.2 Recomendaciones

- Realizar un continuo monitoreo y muestreo para obtener resultados en diferentes lapsos de tiempo para que estos reflejen las condiciones más acercadas a la realidad del río.
- Generar conciencia en los pobladores, con mayor énfasis en el Parque Santa Clara, acerca de la correcta disposición de los residuos desechados.
- Realizar el muestreo en épocas lluviosas ya que este factor altera las condiciones del río para la obtención de resultados representativos.
- Las autoridades del Cantón Rumiñahui deben realizar los controles y monitoreos pertinentes a las descargas directas a los cuerpos de agua.
- Realizar el análisis de la calidad del agua basándose en el uso de indicadores biológicos como por ejemplo el uso de macro invertebrados.
- Realizar análisis adicionales de los cauces cuyas aguas desembocan en el río Santa Clara para determinar su influencia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado, E. (2017). *Manual de medición de caudales*. Guatemala: Instituto privado de investigación sobre cambio climático.
- Antunez, S. (2009). *Procedimiento de muestreo de agua superficial*.
- Arteaga, R. (2010). *Presión de vapor actual, observada y estimada en observatorios sinópticos de México*. México: Revista mexicana de ciencias agrícolas .
- Cabrera, E., Hernández, L., Gómez, H., & Cañizares, M. (17 de Febrero de 2003). *Determinación de nitratos y nitritos en agua. Comparación de costos entre un método de flujo continuo y un método estándar*. Obtenido de Scielo: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0583-76932003000100014
- Carrera, G. (2011). *Modelación de oxígeno disuelto y materia orgánica y su influencia en la distribución y diversidad de indicadores bentónicos de la Cuenca del Río San Pedro en el tramo Amaguaña Guangopolo*. Quito: Escuela Politécnica del Ejército.
- Castro, Y. (2017). *La conductividad* . Costa Rica.
- CEPAL. (2002). *La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar*. CEPAL.
- CIENTIC - CENTRO EDUCATIVO. (29 de Septiembre de 2011). *Mecánica de fluidos - problema 4 - Caudal - Continuidad - Bernoulli*. Obtenido de © 2021 SlideShare : <https://es.slideshare.net/solhuarpe/mecnica-de-fluidos-problema-4-caudal-continuidad-bernoulli>
- Eddy, & Metcalf. (1995). *Ingeniería de aguas residuales*. McGraw Hill, Inc.
- Evangelista, C. (2012). *Control de sistemas no lineales por modos deslizantes de segundo orden*. La Plata.
- Fernandez, N., & Solano, F. (2005). *Indicadores de calidad y de contaminación del agua*. Colombia: Universidad de Pamplona .
- Gobierno Municipal de Rumiñahui. (2019). *Ejes Institucionales*. Obtenido de Rumiñahui: <http://www.ruminahui.gob.ec/rumi3/gestion-ambiental/>

- HyperPhysics. (2017). *The Barometric Formula*. Obtenido de HyperPhysics: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Kinetic/barfor.html>
- Maidana, C. (9 de Julio de 2015). *Folleto Informativo Oxígeno Disuelto (OD)*. Obtenido de PDF Free Download: <https://docplayer.es/amp/135770-Folleto-informativo-oxigeno-disuelto-od.html>
- Martin, A., & Palazzo.R. (2009). *Contaminación natural por sulfatos*. Argentina.
- Mora, D. (2009). *Agua*. San José: Editorial Universidad Estatal a Distancia.
- Moreno, A. (2011). *El Agua*. Cartagena, España.
- New York State Department of Health. (2017). *Coliform Bacteria in Drinking Water Supplies*. Obtenido de New York State: https://www.health.ny.gov/environmental/water/drinking/coliform_bacteria.htm
- Nihon Kasetu Europe. (17 de Diciembre de 2017). *DBO y DQO para caracterizar aguas residuales*. Obtenido de Monitoring & Water Clarification: <https://nihonkasetu.com/es/dbo-y-dqo-para-caracterizar-aguas-residuales/>
- Proaño, P., Capito, L., Rosales, A., & Camacho, O. (2017). A dynamical sliding mode control approach for long deadtime systems. *International Conference on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT)* . IEEE.
- Ramírez Jiménez, D. F. (2021). *Sistema de medición y control de temperatura* . Colombia: Instituto de Educación Técnica Profesional de Roldanillo.
- Rodó, J. (17 de Noviembre de 2018). *Aguas Urbanas*. Obtenido de <http://www.aguasurbanas.ei.udelar.edu.uy/index.php/2018/11/17/conceptos-sobre-monitoreo-de-calidad-de-agua/>
- Rodríguez, C. (2007). *Dureza Total en Agua con EDTA por Volumetría*. Colombia: SUBDIRECCIÓN DE HIDROLOGÍA.
- Sancha, A. M. (2002). *Presencia de Cobre en Aguas de Consumo Humano*. Chile: Universidad de Chile.
- Solano, E. (2021). *Evaluación del comportamiento hidrodinámico y fisicoquímico del río Santa Clara y su influencia en el río San Pedro*. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Territoriales, S. N. (29 de 08 de 2021). *Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales*. Obtenido de <http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculoICA.pdf>

TULSMA. (2015). *Anexo 1 del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente*. Quito: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua.

Vintimilla, D. (2016). *Determinación de contaminación difusa en la cuenca del río Tomebanba*. Cuenca: Universidad de Cuenca .

Zarza, L. (12 de Julio de 2017). *iAgua*. Obtenido de <https://www.iagua.es/respuestas/que-son-aguas-residuales>

Zarza, L. (19 de Octubre de 2020). *iAgua*. Obtenido de <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-agua-cruda>

ANEXOS

ANEXO 1: LA CORRECCIÓN DE OD CON RESPECTO A LA TEMPERATURA

Tabla de concentración de oxígeno equivalente a un grado de saturación del 100 por cien para la temperatura anotada y presión barométrica normal. (Maidana, 2015)

temperatura (°C)	OD (mg/l)	temperatura (°C)	OD (mg/l)
0	14.6	16	9.9
1	14.2	17	9.7
2	13.8	18	9.6
3	13.5	19	9.3
4	13.1	20	9.1
5	12.8	21	8.9
6	12.5	22	8.7
7	12.1	23	8.6
8	11.8	24	8.4
9	11.6	25	8.3
10	11.3	26	8.1
11	11.0	27	8.0
12	10.8	28	7.8
13	10.5	29	7.7
14	10.3	30	7.6
15	10.1	31	7.5

Activ
Ve a C

ANEXO 2: CÁLCULOS DE CORRECCIONES DE SATURACIÓN DE OXÍGENOS RESPECTO A LA TEMPERATURA Y PRESIÓN.

Variable	Unidad	Puntos				
		P1	P2	P3	P4	P5
Altura	msnm	2531	2525	2522	2513	2508
Temperatura	°C	14.04	13.51	14.39	15.78	15.42
Presión atm	mmHg	562.36	562.45	563.16	564.58	564.70
Presión de Vapor	mmHg	12.03	11.62	12.30	13.45	13.14
OD Corrección respecto a Temperatura	mg/L	10.3	10.3	10.3	9.9	10.1
OD Corrección respecto a la presión	mg/L	7.58	7.58	7.59	7.31	7.46
60 % de saturación	mg/L	4.55	4.55	4.55	4.39	4.48
80 % de saturación	mg/L	6.06	6.06	6.07	5.85	5.97

ANEXO 3: CÁLCULOS DE LA DUREZA CÁLCICA Y DUREZA TOTAL.

Parámetro	Puntos	Titulante	Unidad	Concentración del EDTA (mol/L)	Volumen de las muestras (mL)	Valor de Dureza	Unidad
Dureza Cálcica	P1	1.2	mL	0.01	25	48.04	mg CaCO ₃ /L
	P2	1.1	mL			44.04	mg CaCO ₃ /L
	P3	1.3	mL			52.05	mg CaCO ₃ /L
	P4	1.7	mL			68.06	mg CaCO ₃ /L

	P5	2	mL		80.07	mg CaCO ₃ /L
Durezza Total	P1	3	mL		120.11	mg CaCO ₃ /L
	P2	2.5	mL		100.09	mg CaCO ₃ /L
	P3	2.4	mL		96.09	mg CaCO ₃ /L
	P4	2.9	mL		116.11	mg CaCO ₃ /L
	P5	2.9	mL		116.11	mg CaCO ₃ /L

ANEXO 4: INFORMES EMITIDOS POR EL LABORATORIO CICAM.

ANEXO 4.1 INFORME PUNTO 1



ESCUELA POLITECNICA NACIONAL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito – Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 03 de septiembre de 2021

No.IRI-21-363

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Director del proyecto de investigación: Ing. Santiago Guerra
Nombre del Representante: Danny Canchignia - Andrés Carvajal
Cédula / RUC: -
Dirección: -
Teléfono convencional: -
Teléfono celular: -
Correo electrónico: andres.carvajal01@epn.edu.ec

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-08-23
No. Oferta de Servicio: OF21-217
No. Solicitud de trabajo: ST-21-111
Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación
Código de la muestra: MI-21-363
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 25 al 30 de agosto de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 10,6°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: "Evaluación de la calidad del agua del Río Santa Clara ubicado en el Cantón Rumiñahui"
Fecha de muestreo: 2021-08-23
Rotulación de la muestra: P1
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua natural
Lugar de muestreo: -
Origen de la muestra: -
Responsable de muestreo: Cliente

Tipo de envase:	Nº de envases:	Preservante:
Plástico	1	No
Plást. estéril	1	No

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(c) Coliformes totales	PE-V-46 SM Ed. 23 9221B, 9221C / Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100mL	2,1 x 10 ⁵
^(c) Coliformes fecales	PE-V-46 SM Ed. 23 9221B, 9221C / Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100mL	1,5 x 10 ⁵
^(d) Demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅	PE-V-06 SM Ed. 23 5210B/ Volumetría	mg/L	< 2,0
^(d) Sólidos totales	PE-V-34 SM Ed. 23 2540 B/ Gravimetría	mg/L	244
^(d) Sólidos totales suspendidos	PE-V-34 SM Ed. 23 2540 D/ Gravimetría	mg/L	31

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Ed: Edición, PE: Procedimiento de Ensayo interno, N/A: No aplica.

Acreditaciones:

^(a) Acreditación N° OAE LE 2C 06-012 . Alcance específico de la acreditación: www.acreditacion.gob.ec

^(c) Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Observaciones:

El valor de DQO entregado por el testista: 8 mg/L.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas
La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados
En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa
Prohibida la reproducción parcial de este informe.

Revisado por: Jairo Jimpikit
RESPONSABLE TÉCNICO

Aprobado por: MSc. Carola Fierro
COORDINADOR DE LABORATORIO

ANEXO 4.2 INFORME PUNTO 2



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel.: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito – Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 03 de septiembre de 2021

No. TRI-21-364

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Director del proyecto de investigación: Ing. Santiago Guerra
Nombre del Representante: Danny Canchignia - Andrés Carvajal
Cédula / RUC: -
Dirección: -
Teléfono convencional: -
Teléfono celular: -
Correo electrónico: andres.carvajal01@epn.edu.ec

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-08-23
No. Oferta de Servicio: OF21-217
No. Solicitud de trabajo: ST-21-111
Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación
Código de la muestra: MI-21-364
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 25 al 30 de agosto de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 10,6°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: "Evaluación de la calidad del agua del Río Santa Clara ubicado en el Cantón Rumiñahui"
Fecha de muestreo: 2021-08-23
Rotulación de la muestra: P2
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua natural
Lugar de muestreo: -
Origen de la muestra: -
Responsable de muestreo: Cliente

Tipo de envase:	Nº de envases:	Preservante:
Plástico	1	No
Plást. estéril	1	No

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(c) Coliformes totales	PE-V-46 SM Ed. 23 9221B, 9221C / Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100mL	4,6 x 10 ⁴
^(c) Coliformes fecales	PE-V-46 SM Ed. 23 9221B, 9221C / Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100mL	1,5 x 10 ⁴
^(a) Demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅	PE-V-06 SM Ed. 23 5210B/ Volumetría	mg/L	< 2,0
^(a) Sólidos totales	PE-V-34 SM Ed. 23 2540 B/ Gravimetría	mg/L	250
^(c) Sólidos totales suspendidos	PE-V-34 SM Ed. 23 2540 D/ Gravimetría	mg/L	39

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Ed: Edición. PE: Procedimiento de Ensayo interno. N/A: No aplica.

Acreditaciones:

^(a) Acreditación N° OAE LE 2C 06-012 . Alcance específico de la acreditación: www.acreditacion.gob.ec
^(c) Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Observaciones:

El valor de DQO entregado por el testista: 13 mg/L.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas
La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados
En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa
Prohibida la reproducción parcial de este informe.

Revisado por: Jairo Jimpikit
RESPONSABLE TÉCNICO

Aprobado por: MSc. Carola Fierro
COORDINADOR DE LABORATORIO

ANEXO 4.3 INFORME PUNTO 3



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel.: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 03 de septiembre de 2021

No.IRI-21-365

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Director del proyecto de investigación: Ing. Santiago Guerra
Nombre del Representante: Danny Canchignia - Andrés Carvajal
Cédula / RUC: -
Dirección: -
Teléfono convencional: -
Teléfono celular: -
Correo electrónico: andres.carvajal01@epn.edu.ec

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-08-23
No. Oferta de Servicio: OF21-217
No. Solicitud de trabajo: ST-21-111
Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación
Código de la muestra: MI-21- 365
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 25 al 30 de agosto de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 10,6°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: "Evaluación de la calidad del agua del Río Santa Clara ubicado en el Cantón Rumiñahui"
Fecha de muestreo: 2021-08-23
Rotulación de la muestra: P3
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua natural
Lugar de muestreo: -
Origen de la muestra: -
Responsable de muestreo: Cliente

Tipo de envase: Plástico
Nº de envases: 1
Preservante: No

Tipo de envase: Plást. estéril
Nº de envases: 1
Preservante: No

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
⁽⁶⁾ Coliformes totales	PE-V-46 SM Ed. 23 9221B, 9221C / Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100mL	4,6x10 ⁵
⁽⁶⁾ Coliformes fecales	PE-V-46 SM Ed. 23 9221B, 9221C / Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100mL	1,5x10 ⁵
⁽⁶⁾ Demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅	PE-V-06 SM Ed. 23 5210B/ Volumetría	mg/L	< 2,0
⁽⁶⁾ Sólidos totales	PE-V-34 SM Ed. 23 2540 B/ Gravimetría	mg/L	234
⁽⁶⁾ Sólidos totales suspendidos	PE-V-34 SM Ed. 23 2540 D/ Gravimetría	mg/L	27

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Ed: Edición, PE: Procedimiento de Ensayo interno, N/A: No aplica.

Acreditaciones:

⁽⁶⁾ Acreditación N° OAE LE 2C 06-012 . Alcance específico de la acreditación: www.acreditacion.gob.ec

⁽⁶⁾ Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Observaciones:

El valor de DQO entregado por el testista: 17 mg/L.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas
La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados
En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa
Prohibida la reproducción parcial de este informe.

Revisado por: Jairo Jimpikit
RESPONSABLE TÉCNICO

Aprobado por: MSc. Carola Fierro
COORDINADOR DE LABORATORIO

ANEXO 4.4 INFORME PUNTO 4



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel.: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito – Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 03 de septiembre de 2021

No.IRI-21-366

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Director del proyecto de investigación: Ing. Santiago Guerra
Nombre del Representante: Danny Canchignia - Andrés Carvajal
Cédula / RUC: -
Dirección: -
Teléfono convencional: -
Teléfono celular: -
Correo electrónico: andres.carvajal01@epn.edu.ec

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-08-23
No. Oferta de Servicio: OF21-217
No. Solicitud de trabajo: ST-21-111
Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación
Código de la muestra: MI-21-366
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 25 al 30 de agosto de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 10,6°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: "Evaluación de la calidad del agua del Río Santa Clara ubicado en el Cantón Rumiñahui"
Fecha de muestreo: 2021-08-23
Rotulación de la muestra: P4
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua natural
Lugar de muestreo: -
Origen de la muestra: -
Responsable de muestreo: Cliente

Tipo de envase:	Nº de envases:	Preservante:
Plástico	1	No
Plást. estéril	1	No

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(c) Coliformes totales	PE-V-46 SM Ed. 23 9221B, 9221C / Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100mL	4,6x10 ⁵
^(c) Coliformes fecales	PE-V-46 SM Ed. 23 9221B, 9221C / Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100mL	4,6x10 ⁵
^(a) Demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅	PE-V-06 SM Ed. 23 5210B/ Volumetría	mg/L	< 2,0
^(a) Sólidos totales	PE-V-34 SM Ed. 23 2540 B/ Gravimetría	mg/L	254
^(c) Sólidos totales suspendidos	PE-V-34 SM Ed. 23 2540 D/ Gravimetría	mg/L	24

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Ed: Edición. PE: Procedimiento de Ensayo interno. N/A: No aplica.

Acreditaciones:

^(a) Acreditación N° OAE LE 2C 06-012. Alcance específico de la acreditación: www.acreditacion.gob.ec
^(c) Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Observaciones:

El valor de DQO entregado por el testista: 19 mg/L.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas
La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados
En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa
Prohibida la reproducción parcial de este informe.

Revisado por: Jairo Jimpikit
RESPONSABLE TÉCNICO

Aprobado por: MSc. Carola Fierro
COORDINADOR DE LABORATORIO

ANEXO 4.5 INFORME PUNTO 5



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel.: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 03 de septiembre de 2021

No. IRI-21-367

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Director del proyecto de investigación: Ing. Santiago Guerra
Nombre del Representante: Danny Canchignia - Andrés Carvajal
Cédula / RUC: -
Dirección: -
Teléfono convencional: -
Teléfono celular: -
Correo electrónico: andres.carvajal01@epn.edu.ec

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-08-23
No. Oferta de Servicio: OF21-217
No. Solicitud de trabajo: ST-21-111
Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación
Código de la muestra: MI-21-367
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 25 al 30 de agosto de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 10,6°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: "Evaluación de la calidad del agua del Río Santa Clara ubicado en el Cantón Rumiñahui"
Fecha de muestreo: 2021-08-23
Rotulación de la muestra: P5
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua natural
Lugar de muestreo: -
Origen de la muestra: -
Responsable de muestreo: Cliente

Tipo de envase:	Nº de envases:	Preservante:
Plástico	1	No
Plást. estéril	1	No

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(c) Coliformes totales	PE-V-46 SM Ed. 23 9221B, 9221C / Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100mL	1,1 x10 ⁵
^(c) Coliformes fecales	PE-V-46 SM Ed. 23 9221B, 9221C / Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100mL	1,1 x10 ⁵
^(a) Demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅	PE-V-06 SM Ed. 23 5210B/ Volumetría	mg/L	< 2,0
^(a) Sólidos totales	PE-V-34 SM Ed. 23 2540 B/ Gravimetría	mg/L	240
^(c) Sólidos totales suspendidos	PE-V-34 SM Ed. 23 2540 D/ Gravimetría	mg/L	19

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Ed: Edición. PE: Procedimiento de Ensayo interno. N/A: No aplica.

Acreditaciones:

^(a) Acreditación N° OAE LE 2C 06-012. Alcance específico de la acreditación: www.acreditacion.gob.ec

^(c) Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Observaciones:

El valor de DQO entregado por el testista: 19 mg/L.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas
La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados
En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa
Prohibida la reproducción parcial de este informe.

Revisado por: Jairo Jimpikit
RESPONSABLE TÉCNICO

Aprobado por: MSc. Carola Fierro
COORDINADOR DE LABORATORIO

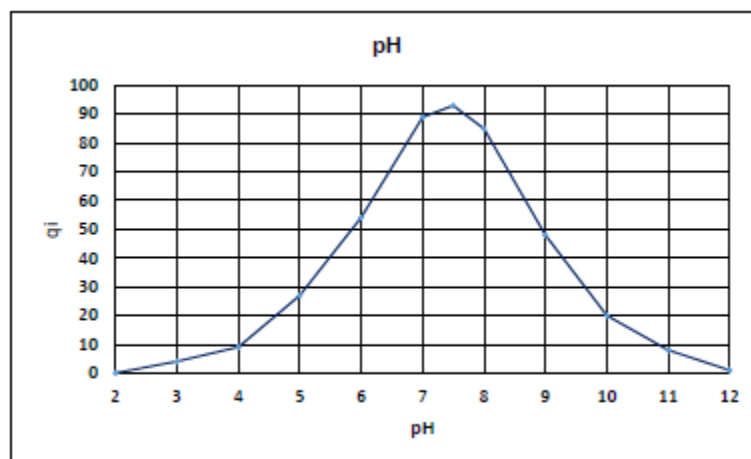
ANEXO 5: CALCULOS DE SÓLIDOS DISUELTOS EN FUNCIÓN DE LOS SÓLIDOS TOTALES Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS.

Puntos	Sólidos Totales (ST)	Sólidos Suspendidos T (SST)	Ecuación	Sólidos Disueltos T (SDT)	Unidades
Punto 1	244	31	SDT=ST-SST	213	mg/L
Punto 2	250	39		211	mg/L
Punto 3	234	27		207	mg/L
Punto 4	254	24		230	mg/L
Punto 5	240	19		221	mg/L

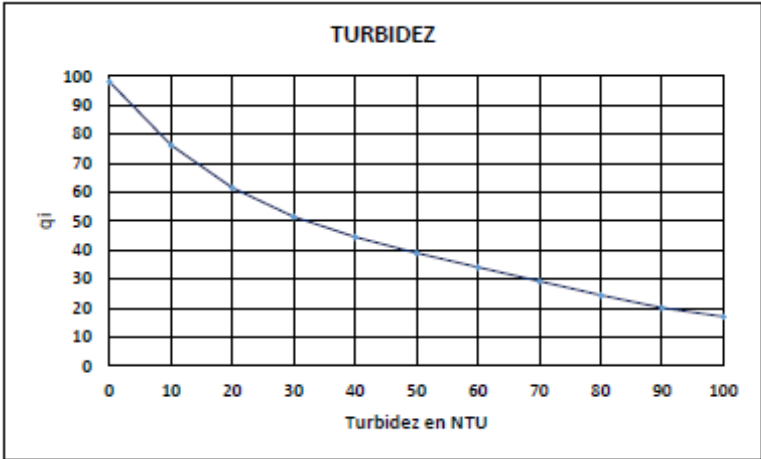
ANEXO 6: CURVAS DE FUNCIÓN DEL ICA

Curvas de función de los parámetros para el ICA-NSF tomadas de (Territoriales, 2021).

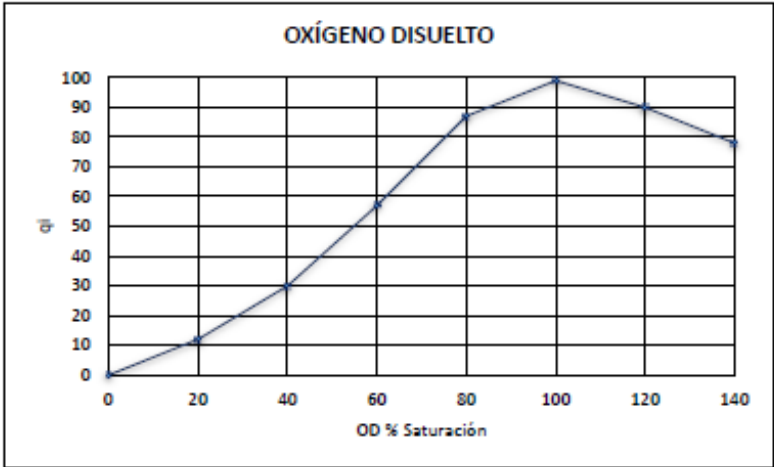
ANEXO 6.1 CURVA DE FUNCIÓN DEL PH



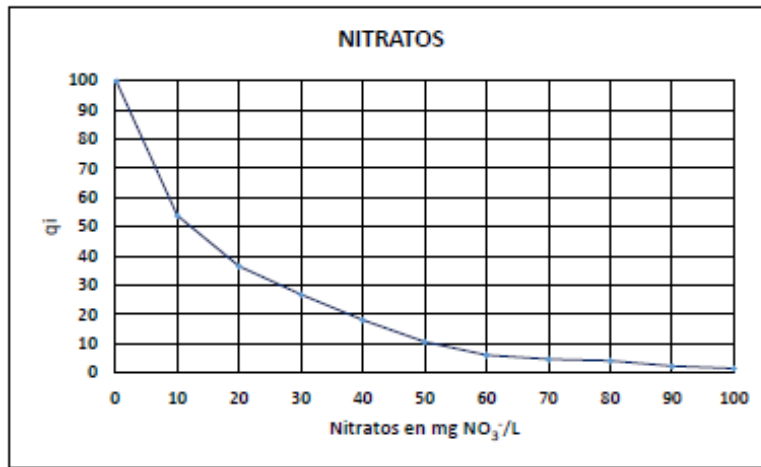
ANEXO 6.2 CURVA DE FUNCIÓN DE LA TURBIDEZ



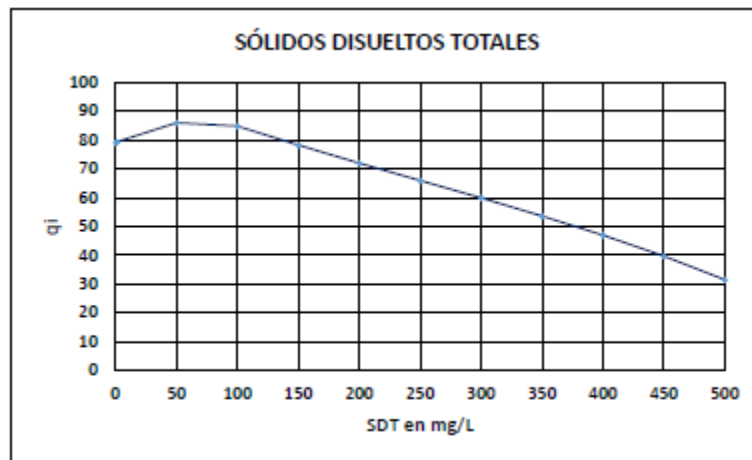
ANEXO 6.3 CURVA DE FUNCIÓN DEL OXÍGENO DISUELTO



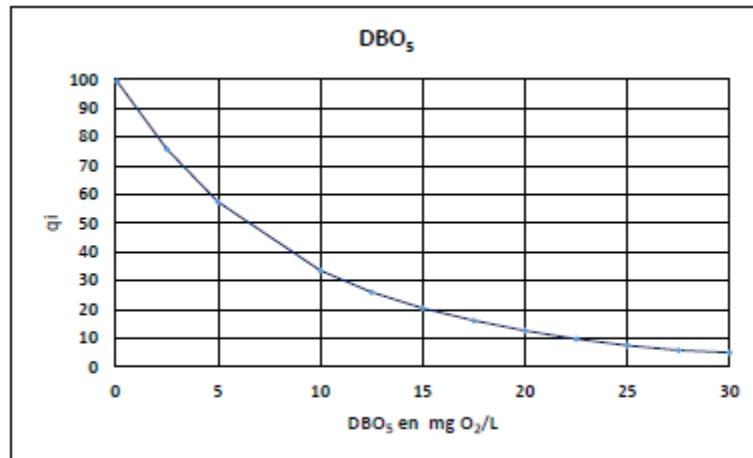
ANEXO 6.4 CURVA DE FUNCIÓN DE LOS NITRATOS



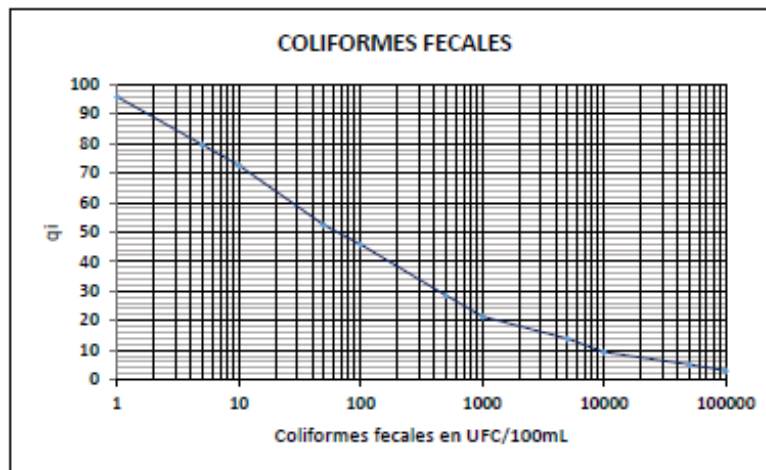
ANEXO 6.5 CURVA DE FUNCIÓN DE LOS SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES



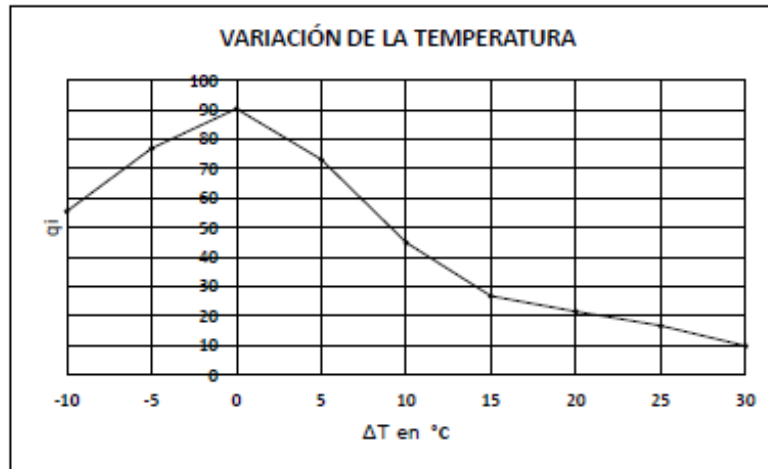
ANEXO 6.6 CURVA DE FUNCIÓN DE LA DBO



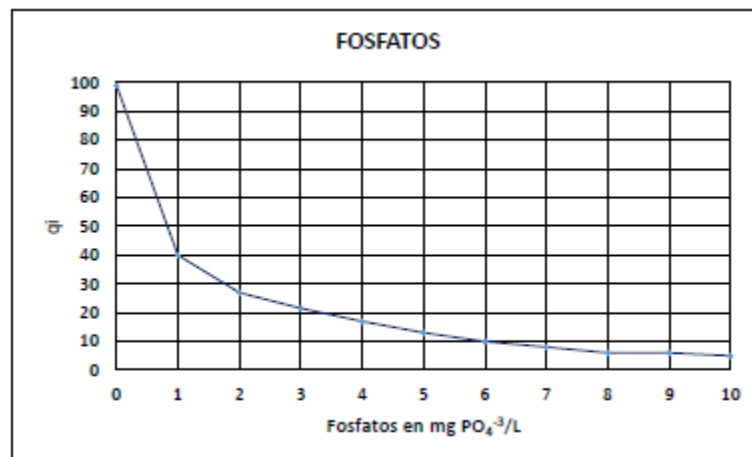
ANEXO 6.7 CURVA DE FUNCIÓN DE COLIFORMES FECALES



ANEXO 6.8 CURVA DE FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA



ANEXO 6.9 CURVA DE FUNCIÓN DE LOS FOSFATOS



ANEXO 7: CÁLCULOS DEL CAUDAL EN BASE A LAS MEDICIONES CON EL CAUDALIMETRO.

ANEXO 7.1 CÁLCULO DEL CAUDAL PUNTO 1

Punto 1									
Sección	Ancho (m)	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)			Velocidad promedio (m/s)	Ancho sección (m)	Área sección (m ²)	Caudal (m ³ /s)
			0.2	0.6	0.8				
1	0.64	0.62	0.9		0.7	0.70	0.64	0.40	0.278

2	1.28	0.65	0.8		0.6	0.80	0.64	0.42	0.333
3	1.92	0.58		0.6		0.60	0.64	0.37	0.223
4	2.56	0.44		0.7		0.70	0.64	0.28	0.197
5	3.20	0.31		0.4		0.40	0.64	0.20	0.079
Total								1.66	1.110

ANEXO 7.2 CÁLCULO DEL CAUDAL PUNTO 2

Punto 2									
Sección	Ancho (m)	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)			Velocidad promedio (m/s)	Ancho sección (m)	Área sección (m ²)	Caudal (m ³ /s)
			0.2	0.6	0.8				
1	0.69	0.60	0.8		0.7	0.70	0.69	0.41	0.290
2	1.38	0.65	0.8		0.6	0.75	0.69	0.45	0.336
3	2.07	0.55		0.7		0.70	0.69	0.38	0.266
4	2.76	0.48		0.6		0.60	0.69	0.33	0.199
5	3.45	0.29		0.4		0.40	0.69	0.20	0.080
Total								1.77	1.171

ANEXO 7.3 CÁLCULO DEL CAUDAL PUNTO 3

Punto 3									
Sección	Ancho (m)	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)			Velocidad promedio (m/s)	Ancho sección (m)	Área sección (m ²)	Caudal (m ³ /s)
			0.2	0.6	0.8				
1	0.5	0.53		1.2		1.20	0.5	0.27	0.318
2	1	0.47		1.0		1.00	0.5	0.24	0.235
3	1.5	0.45		1.1		1.10	0.5	0.23	0.248
4	2	0.46		0.9		0.90	0.5	0.23	0.207
5	2.5	0.54		0.9		0.90	0.5	0.27	0.243
6	3	0.51		0.8		0.80	0.5	0.26	0.204
7	3.5	0.50		0.8		0.80	0.5	0.25	0.200
8	4	0.42		0.9		0.90	0.5	0.21	0.189
9	4.5	0.33		0.3		0.30	0.5	0.17	0.050
10	5	0.24		0.2		0.20	0.5	0.12	0.024
Total								2.23	1.917

ANEXO 7.4 CÁLCULO DEL CAUDAL PUNTO 4

Punto 4									
Sección	Ancho (m)	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)			Velocidad promedio (m/s)	Ancho sección (m)	Área sección (m ²)	Caudal (m ³ /s)
			0.2	0.6	0.8				
1	0.84	0.55		0.2		0.20	0.84	0.46	0.092
2	1.68	0.52		0.4		0.40	0.84	0.44	0.175
3	2.52	0.53		0.5		0.50	0.84	0.45	0.223
4	3.36	0.55		0.6		0.60	0.84	0.46	0.277
5	4.2	0.55		0.6		0.60	0.84	0.46	0.277
6	5.04	0.54		0.7		0.70	0.84	0.45	0.318
7	5.88	0.4		0.6		0.60	0.84	0.34	0.202
8	6.72	0.53		0.6		0.60	0.84	0.45	0.267
9	7.56	0.38		0.4		0.40	0.84	0.32	0.128
10	8.4	0.28		0.2		0.20	0.84	0.24	0.047
Total								4.06	2.005

ANEXO 7.5 CÁLCULO DEL CAUDAL PUNTO 5

Punto 5									
Sección	Ancho (m)	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)			Velocidad promedio (m/s)	Ancho sección (m)	Área sección (m ²)	Caudal (m ³ /s)
			0.2	0.6	0.8				
1	0.86	0.55		0.5		0.50	0.86	0.47	0.237
2	1.72	0.55		0.4		0.40	0.86	0.47	0.189
3	2.58	0.56		0.5		0.50	0.86	0.48	0.241
4	3.44	0.59		0.6		0.60	0.86	0.51	0.304
5	4.3	0.67	0.5		0.3	0.40	0.86	0.58	0.230
6	5.16	0.52		0.6		0.60	0.86	0.45	0.268
7	6.02	0.44		0.5		0.50	0.86	0.38	0.189
8	6.88	0.37		0.4		0.40	0.86	0.32	0.127
9	7.74	0.37		0.4		0.40	0.86	0.32	0.127
10	8.6	0.39		0.4		0.40	0.86	0.34	0.134
Total								4.31	2.048

ANEXO 8: CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES DENTRO DEL TULSMA.

Tabla 3. Criterios de calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario. (TULSMA, 2015)

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límite máximo permisible		
			Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Clorofenoles		mg/l	0.5	0.5	0.5
Bifenilos policlorados/PCBs	Concentración total de PCBs.	mg/l	0.001	0.001	0.001
Oxígeno Disuelto	O.D.	mg/l	No menor al 80 % y no menor a 6 mg/l	No menor al 60 % y no menor a 5 mg/l	No menor al 60 % y no menor a 5 mg/l
Potencial de hidrógeno	pH		6.5 - 9	6.5 - 9	6.5 - 9.5
Sulfuro de hidrógeno ionizado	H ₂ S	mg/l	0.0002	0.0002	0.0002
Amoniaco	NH ₃	mg/l	0.02	0.02	0.4
Aluminio	Al	mg/l	0.1	0.1	1.5
Arsénico	As	mg/l	0.05	0.05	0.05
Bario	Ba	mg/l	1.0	1.0	1.0
Berilio	Be	mg/l	0.1	0.1	1.5

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límite máximo permisible		
			Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Boro	B	mg/l	0.75	0.75	5.0
Cadmio	Cd	mg/l	0.001	0.001	0.005
Cianuro Libre	CN ⁻	mg/l	0.01	0.01	0.01
Zinc	Zn	mg/l	0.18	0.18	0.17
Cloro residual	Cl	mg/l	0.01	0.01	0.01
Estaño	Sn	mg/l			2.00
Cobalto	Co	mg/l	0.2	0.2	0.2
Plomo	Pb	mg/l			0.01
Cobre	Cu	mg/l	0.02	0.02	0.05
Cromo total	Cr	mg/l	0.05	0.05	0.05
Fenoles monohídricos	Expresado como fenoles	mg/l	0.001	0.001	0.001
Grasas y aceites	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0.3	0.3	0.3
Hierro	Fe	mg/l	0.3	0.3	0.3
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0.5	0.5	0.5
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)	Concentración total de HAPs	mg/l	0.0003	0.0003	0.0003

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límite máximo permisible		
			Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Temperatura	°C		Condiciones naturales + 3	Condiciones naturales + 3	Condiciones naturales + 3
Coliformes Fecales	nmp/100 ml		Máxima 200	Máxima 320	Máxima 320
Manganeso	Mn	mg/l	0.1	0.1	0.1
Materia flotante	visible		Ausencia	Ausencia	Ausencia