



Evaluación de propiedades de medios naturales y elementos contaminantes en una zona de salcedo potencialmente en riesgo a causa de industrias textiles. Diseño experimental y muestreo

Jara Cevallos, Karen Mishell

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Petroquímica

Trabajo de Unidad de Integración Curricular, previo a la obtención del título de Petroquímica

PhD Urrutia Goyes, Edgar Ricardo

13 de abril del 2021

Latacunga



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE PETROQUÍMICA**

Certificación

Certifico que el trabajo de Unidad de Integración Curricular, **“Evaluación de propiedades de medios naturales y elementos contaminantes en una zona de salcedo potencialmente en riesgo a causa de industrias textiles. Diseño experimental y muestreo”** fue realizado por la señorita **Jara Cevallos, Karen Mishell** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 13 de abril de 2021

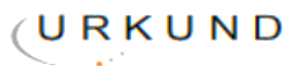


Firmado electrónicamente por:
**EDGAR RICARDO
URRUTIA GOYES**

.....
PhD Urrutia Goyes, Edgar Ricardo

C. C: 1803599313

Reporte Urkund



Urkund Analysis Result

Analysed Document: Tesis_Jara_rev1.docx (D100934575)
Submitted: 4/8/2021 1:31:00 AM
Submitted By: kmjara@espe.edu.ec
Significance: 2 %

Sources included in the report:

http://192.188.51.77/bitstream/123456789/20381/1/9576_1.pdf
<http://dspace.uniandes.edu.ec/bitstream/123456789/6535/1/PIUABQF012-2017.pdf>
https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/3458/Analisis_%20incidencia_descargas_procesooperativo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/23389/1/24%20PML.pdf>
<http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/5340/1/UNACH-EC-ING-AMBT-2019-0003.pdf>

Instances where selected sources appear:

14



Firmado electrónicamente por:
EDGAR RICARDO
URRUTIA GOYES



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE PETROQUÍMICA

Responsabilidad de autoría

Yo, Jara Cevallos, Karen Mishell, con cédula de ciudadanía n°1803824521, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de Unidad de Integración Curricular: **“Evaluación de propiedades de medios naturales y elementos contaminantes en una zona de salcedo potencialmente en riesgo a causa de industrias textiles. Diseño experimental y muestreo”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 13 de abril de 2021

Una firma manuscrita en tinta azul sobre un fondo blanco, que parece ser la de Karen Mishell.

.....
Jara Cevallos, Karen Mishell

C. C: 1803824521



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE PETROQUIMICA

Autorización de publicación

Yo/ **Jara Cevallos, Karen Mishell**, con cédula de ciudadanía n° 1803824521, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de Unidad de Integración Curricular: **“Evaluación de propiedades de medios naturales y elementos contaminantes en una zona de salcedo potencialmente en riesgo a causa de industrias textiles. Diseño experimental y muestreo”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra responsabilidad.

Latacunga, 13 de abril de 2021

Una firma manuscrita en tinta azul, que parece ser la de Karen Mishell, sobre una línea horizontal.

.....
Jara Cevallos, Karen Mishell

C. C: 1803824521

Dedicatoria

A mis padres MSc. Raul Jara y MSc. Maritza Cevallos.

A mi hermano, Jonathan.

Agradecimientos

Muy orgullosa de poder hacer mención a todas las personas a quienes agradezco haber podido cumplir esta meta tan anhelada y satisfactoria como es mi título universitario.

A Dios, le agradezco porque bendice mi vida, guía mis pasos y me ha dado fortaleza en las etapas más difíciles de mi vida.

Mis Padres, a quienes agradezco su apoyo incondicional, enseñanzas y valores; los cuales han sido un pilar fundamental en la culminación de mi carrera.

A mi hermano y abuelos, a quienes agradezco su complicidad, cariño y apoyo en todo momento.

Quiero hacer un especial agradecimiento a Paulina Mena, a quien estimo mucho, ha sido una gran amiga, compañera, confidente y apoyo incondicional en toda nuestra carrera universitaria. Además, Natalí y Adrián, por ser incondicionales, su amistad sincera y experiencias vividas que nos permitirán forjarnos como excelentes profesionales y personas.

Autoridades y docentes de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L, quienes fueron una guía y transmitieron sus conocimientos durante toda la carrera.

Al PhD Ricardo Urrutia, por su guía, amabilidad y paciencia para la culminación del presente proyecto.

Tabla de contenidos

Carátula	1
Certificación	2
Reporte Urkund.....	3
Responsabilidad de autoría.....	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria	6
Agradecimientos.....	7
Tabla de contenidos	8
Índice de tablas.....	10
Índice de figuras	12
Resumen	17
Abstract	18
Introducción	19
Objetivos.....	21
<i>Objetivo general</i>	21
Objetivo específico 1.....	21
Objetivo específico 2.....	21
Marco teórico	23
Parroquia San Miguel.....	23
Río Cutuchi	23

Industria de la Curtiembre	24
Parámetros analizados en el agua residual	25
Análisis Físico-Químico aplicados al estudio del agua residual	29
Métodos analíticos	31
Metodología.....	34
Ubicación	34
Muestreo del agua residual	35
Procedimiento para tomar la muestra de cada parámetro	37
Análisis químico del agua residual.....	39
Análisis estadístico	43
Resultados y discusión.....	48
Análisis de las muestras de agua	48
Conclusiones y recomendaciones.....	104
Conclusiones	104
Recomendaciones.....	106
Bibliografía	108
Anexos	113

Índice de tablas

Tabla 1	<i>Métodos analíticos aplicados al estudio del agua residual</i>	30
Tabla 2	<i>Coordenadas de los Puntos de muestreo.....</i>	35
Tabla 3	<i>Análisis estadístico para la concentración de cada parámetro en las muestras de agua obtenidas en San Miguel de Salcedo</i>	47
Tabla 4	<i>Límites máximos permisibles para cada parámetro.....</i>	48
Tabla 5	<i>Análisis de varianza para el Caudal (L/s).....</i>	50
Tabla 6	<i>Método de Tukey de los factores Hora, Punto, Día para Caudal.....</i>	52
Tabla 7	<i>Análisis de varianza para Cromo total</i>	54
Tabla 8	<i>Método de Tukey del factor Hora, Punto, Día para Cromo total</i>	57
Tabla 9	<i>Análisis de varianza para DB05.....</i>	60
Tabla 10	<i>Método de Tukey del factor Hora, Punto, Día para DB05</i>	62
Tabla 11	<i>Análisis de varianza para DQO.....</i>	65
Tabla 12	<i>Método de Tukey del factor Hora para DQO</i>	67
Tabla 13	<i>Análisis de varianza para Dureza total.....</i>	70
Tabla 14	<i>Método de Tukey del factor Hora, Punto, Día para Dureza total</i>	73
Tabla 15	<i>Análisis de varianza para Sólidos totales.....</i>	78
Tabla 16	<i>Método de Tukey del factor Hora, Punto, Día para Sólidos totales</i>	80
Tabla 17	<i>Análisis de varianza para Sulfatos.....</i>	83
Tabla 18	<i>Método de Tukey del factor Hora, Punto, Día para Sulfatos.....</i>	85
Tabla 19	<i>Análisis de varianza para Sulfuros.....</i>	88

Tabla 20	<i>Método de Tukey del factor Hora, Punto, Día para Sulfuros</i>	90
Tabla 21	<i>Análisis de varianza para Temperatura</i>	93
Tabla 22	<i>Método de Tukey del factor Hora, Punto, Día para Temperatura</i>	95
Tabla 23	<i>Análisis de varianza para Tensoactivos.....</i>	99
Tabla 24	<i>Método de Tukey del factor Hora, Punto, Día para Tensoactivos</i>	101

Índice de figuras

Figura 1	<i>Diagrama de flujo del proceso de curtido de piel.....</i>	24
Figura 2	<i>Ubicación geográfica de la zona de estudio. Mapa ArcGIS® 2021</i>	34
Figura 3	<i>Resultados de la concentración de Aceites y Grasas en comparación con la normativa de TULSMA.....</i>	49
Figura 4	<i>Gráfica de caja de Caudal.....</i>	51
Figura 5	<i>Gráficas de residuos para Caudal.....</i>	51
Figura 6	<i>Gráfica de efectos principales para Caudal</i>	53
Figura 7	<i>Gráfica de interacción para Caudal.....</i>	54
Figura 8	<i>Gráfica de caja para Cromo total</i>	56
Figura 9	<i>Gráfica de residuos para Cromo total</i>	56
Figura 10	<i>Gráfica de efectos principales para Cromo total</i>	58
Figura 11	<i>Gráfica de interacción para Cromo total</i>	58
Figura 12	<i>Resultados de la concentración de Cromo total en comparación con la normativa de TULSMA</i>	59
Figura 13	<i>Gráfica de caja para DB05.....</i>	61
Figura 14	<i>Gráfica de residuos para DB05.....</i>	61
Figura 15	<i>Gráfica de efectos principales para DB05</i>	63
Figura 16	<i>Gráfica de interacción para DB05.....</i>	63
Figura 17	<i>Resultados de la concentración de DBO5 en comparación con la normativa de TULSMA</i>	64

Figura 18	<i>Gráfica de caja de DQO.....</i>	66
Figura 19	<i>Gráfica de residuos para DQO.....</i>	67
Figura 20	<i>Gráfico de efectos principales para DQO</i>	68
Figura 21	<i>Gráfica de interacción para DQO.....</i>	69
Figura 22	<i>Resultados de la concentración de DQO en comparación con la normativa de TULSMA</i>	70
Figura 23	<i>Gráfica de caja de Dureza total.....</i>	72
Figura 24	<i>Gráfica de residuos para Dureza total</i>	72
Figura 25	<i>Gráfica de efectos principales para Dureza total</i>	74
Figura 26	<i>Gráfica de interacción para Dureza total.....</i>	74
Figura 27	<i>Resultados de la concentración de Dureza total en comparación con la normativa de TULSMA.....</i>	75
Figura 28	<i>Resultados de la concentración de Oxígeno disuelto en comparación con la normativa de TULSMA.....</i>	76
Figura 29	<i>Resultados de la concentración de pH en comparación con la normativa de TULSMA.....</i>	77
Figura 30	<i>Gráfica de caja de Sólidos totales.....</i>	79
Figura 31	<i>Gráficas de residuos para Sólidos totales.....</i>	79
Figura 32	<i>Gráfica de efectos principales para Sólidos totales</i>	81
Figura 33	<i>Gráfica de interacción para Sólidos totales.....</i>	81
Figura 34	<i>Resultados de la concentración de Sólidos totales en comparación con la normativa de TULSMA</i>	82

Figura 35	<i>Gráfica de caja de Sulfatos</i>	84
Figura 36	<i>Gráficas de residuos para Sulfatos</i>	84
Figura 37	<i>Gráfica de efectos principales para Sulfatos</i>	86
Figura 38	<i>Gráfica de interacción para Sulfatos</i>	86
Figura 39	<i>Resultados de la concentración de Sulfatos en comparación con la normativa de TULSMA</i>	87
Figura 40	<i>Gráfica de caja de Sulfuros</i>	89
Figura 41	<i>Gráfica de residuos para Sulfuros</i>	89
Figura 42	<i>Gráfica de Efectos principales para Sulfuros</i>	91
Figura 43	<i>Grafica de interacción para Sulfuros</i>	91
Figura 44	<i>Resultados de la concentración de Sulfuros en comparación con la normativa de TULSMA</i>	92
Figura 45	<i>Gráfica de caja para Temperatura</i>	94
Figura 46	<i>Gráficas de residuos para Temperatura</i>	95
Figura 47	<i>Gráfica de efectos principales para Temperatura</i>	96
Figura 48	<i>Gráfica de interacción para Temperatura</i>	97
Figura 49	<i>Resultados de la Temperatura en comparación con la normativa de TULSMA</i>	98
Figura 50	<i>Gráfica de caja para Tensoactivos</i>	100
Figura 51	<i>Gráfica de residuos para Tensoactivos</i>	100
Figura 52	<i>Gráfica de efectos principales para Tensoactivos</i>	102
Figura 53	<i>Gráfica de interacción para Tensoactivos</i>	102

Figura 54 *Resultados de la concentración de Tensoactivos en comparación con la normativa de TULSMA103*

Resumen

En el presente proyecto se evaluaron las propiedades de medios naturales y elementos contaminantes en la Parroquia San Miguel perteneciente al Cantón Salcedo potencialmente en riesgo a causa de industrias textiles. El agua residual de la industria textil puede contener un alto porcentaje de contaminantes tales como: cromo total, sulfuros, oxígeno disuelto, entre otros; que son tóxicos para las personas, animales y plantas. Se recolectaron veinte muestras de agua residual en base a la metodología dispuesta por el Laboratorio del Centro de Investigaciones y Control Ambiental (CICAM) de la Escuela Politécnica Nacional que cuenta con la acreditación SAE OAE-LE-2C-06-012. En esta institución se realizó el análisis de cada parámetro. Los resultados fueron analizados estadísticamente por análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95 %. Se utilizó el Software Minitab® y Microsoft® Excel para la interpretación de cada resultado. Los valores de concentración media de cada parámetro de estudio fueron: aceites y grasas 2.5 mg/L, caudal 3.116 L/s, cromo total 2.391 mg/L, DBO₅ 1,028.3 mg/L, DQO 3,305.00 mg/L, dureza total 911.9 mg/L, pH 11, sulfatos 1,055.3 mg/L, sulfuros 183.,3 mg/L, sólidos totales 9,249.00 mg/L, temperatura 18.665 °C y tensoactivos 6.450 mg/L. El beneficio que proporcionará esta investigación es dar a conocer a las poblaciones aledañas a la industria textil los índices actualizados del nivel de contaminación que genera cada parámetro de estudio presente en el agua proveniente de procesos industriales.

Palabras clave:

- **SAN MIGUEL**
- **AGUA RESIDUAL**
- **INDUSTRIA TEXTIL**
- **CONTAMINACIÓN**

Abstract

In this project, the properties of natural environments and polluting elements were evaluated in the San Miguel Parish belonging to the Cantón Salcedo potentially at risk due to textile industries. Wastewater from the textile industry can contain a high percentage of pollutants such as total chromium, sulfides, dissolved oxygen, among others; that is toxic to people, animals, and plants. Twenty residual water samples were collected based on the methodology established by the Laboratory of the Center for Environmental Research and Control (CICAM) of the National Polytechnic School that has the SAE OAE-LE-2C-06-012 accreditation. In this institution, the analysis of each parameter was carried out. The results were statistically analyzed by analysis of variance (ANOVA) with a confidence 95% level. Minitab software® and Microsoft® Excel were used for the interpretation of each result. The medium concentration values for each study parameter were: oils and fats 2.5mg/L, flow rate 3.116 L/s, total chromium 2.391 mg/L, DBO_5 1,028.3 mg/L, COD 3,305.00 mg/L, total hardness 911.9 mg/L, pH 11.0, sulfates 1055.3 mg/L, sulfides 183.3 mg/L, total solids 9,249.00 mg/L, temperature 18.665 °C and surfactants 6.450 mg/L. The benefit that this research will provide is to make known to the populations surrounding the textile industry the updated indices of the level of contamination generated by each parameter of study present in the water from industrial processes.

Key words:

- **SAN MIGUEL**
- **RESIDUAL WATER**
- **TEXTILE INDUSTRY**
- **CONTAMINATION**

CAPÍTULO I

1. Introducción

La contaminación del recurso hídrico a nivel mundial es generada principalmente por industrias textiles, las cuales no cuentan con un tratamiento de aguas residuales antes de ser desechados en vertientes, mares o ríos; provocando millones de muertes especialmente en niños cada año. El último análisis realizado por Global Footprint Network en el año 2017, demuestra que la huella ecológica en el mundo fue de 2.77 ha por persona, lo que significa que la demanda de los recursos naturales por parte de las industrias es cada vez mayor; sin embargo, la biocapacidad para el mismo año fue de 1.6 ha por persona; es decir, que los ecosistemas están perdiendo la capacidad de regenerarse y absorber los residuos. Por lo tanto, se requiere de 1.73 Planeta Tierra para reducir la huella ecológica (Global Footprint Network, 2021).

Los parámetros físico-químicos para evaluar la calidad del agua en la industria textil son: aceites y grasas, caudal, cromo total, DBO_5 , DQO, dureza total, oxígeno disuelto, pH, sulfatos, sulfuros, sólidos totales, temperatura, tensoactivos. Las técnicas usadas para analizar cada uno de los parámetros son: volumetría, gravimetría, Espectrofotometría VIS y Espectrofotometría de horno de grafito (SAE, 2021).

La contaminación producida por industrias textiles es muy elevada en el país, debido a que no todas las industrias realizan el correcto tratamiento de sus desechos industriales antes de regresarlos a la naturaleza. Este tipo de residuos principalmente con un alto nivel de contaminantes genera una amenaza constante y latente para el medio ambiente y la salud de los seres vivos. El acceso al agua potable en el sector

urbano es de 95%, mientras que en el sector rural está en el rango de 35 % a 50 %. Es por esto que la mayor parte del sector rural utilizan agua de ríos o canales de regadío tanto para consumir como para la agricultura, influyendo negativamente en su calidad de vida, salud, el medio ambiente y productividad. La calidad del agua de un río depende de la cercanía a industrias y los aspectos físicos, químicos y medioambientales que afectan no solo la condición natural del agua, sino que, en el peor de los casos, pueden acarrear grandes problemas para la salud especialmente por contaminación de agentes biológicos o microorganismos patógenos (Brandão, Matos, Martinez & Fontes, 2000).

La Normativa Ecuatoriana de Calidad Ambiental y de Descarga de efluentes: Recurso Agua, descrita en el Anexo I del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), determina los límites máximos permisibles para descargas en cuerpos de agua y establece que, para aceites y grasas es 30 mg/L, cromo total es 0.032 mg/L, DBO₅ es 100 mg/L, DQO es 200 mg/L, dureza total es 300 mg/L, oxígeno disuelto es 0.8 pH debe estar en el rango de 5-9, sulfatos es 1,000.00 mg/L, sulfuros es 0.5 mg/L, sólidos totales 1,600.00 mg/L, temperatura es condición natural ± 3 y tensoactivos es 0.5 mg/L. Esta normativa se complementa con el libro "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", y las Normas Técnicas Ecuatorianas NTE INEN 2169:98. Agua: Calidad del agua, muestreo, manejo y conservación de muestras y NTE INEN 2176:98. Agua: Calidad del agua, muestreo, técnicas de muestreo (Ministerio del Ambiente Ecuador Normativa para Efluentes, 2015).

En el presente proyecto se van a tomar muestras de agua residual de una industria textil, para analizar los parámetros físico-químicos más relevantes de la calidad del agua en la Parroquia San Miguel del Cantón Salcedo y verificar si cumplen con la

normativa correspondiente. En la actualidad uno de los retos más importantes es la gestión y distribución de recursos naturales, especialmente del recurso hídrico, el cual es afectado diariamente por las industrias y el cambio climático.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Evaluar propiedades de medios naturales y elementos contaminantes en una zona de Salcedo potencialmente en riesgo a causa de industrias textiles.

a. Objetivo específico 1

Determinar las zonas potenciales para el estudio y sus características.

Actividad 1

- Reconocer los medios que podrían verse afectados en la zona.

Actividad 2

- Plantear las propiedades a estudiar en los medios y los contaminantes.

b. Objetivo específico 2

Realizar el proceso de obtención de muestras del medio seleccionado y preparar las mismas para su análisis posterior.

Actividad 1

- Obtener muestras del medio siguiendo normativas nacionales o Internacionales.

Actividad 2

- Transportar y almacenar las muestras según normativas vigentes.

CAPÍTULO II

2. Marco teórico

2.1. Parroquia San Miguel

San Miguel es una parroquia del Cantón Salcedo que se ubica en la región Andina de Ecuador al sur-orientado de la provincia de Cotopaxi. Su extensión es de 225 km². El principal río que atraviesa de norte a sur el Cantón Salcedo es el río Cutuchi. (Gobierno Autónomo Descentralizado de Salcedo, 2021).

2.2. Río Cutuchi

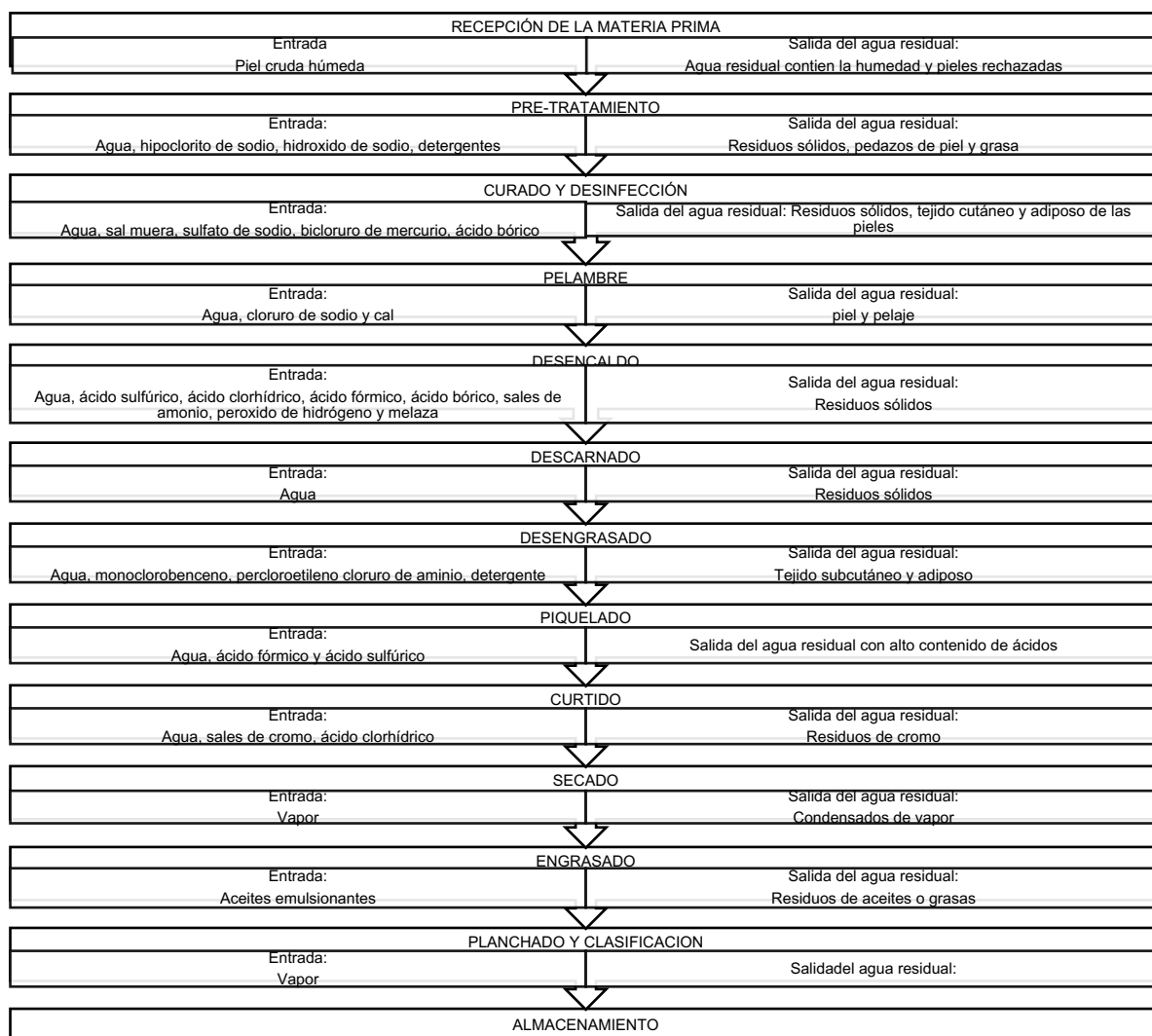
El Río Cutuchi podría ser considerado un río “muerto” debido a su alto nivel de contaminación. Nace de los deshielos del Volcán Cotopaxi, tiene un área de 2680 km², 60 km aproximadamente de longitud y cubre alrededor de mil millones de m³/año. Abarca la mayor parte de la Provincia de Cotopaxi y una parte de la Provincia de Tungurahua. Es la fuente con mayor porcentaje que conforma el Río Pastaza y al unirse con el Río Ambato confluye en el Río Patate. El Río Cutuchi arrastra residuos orgánicos e inorgánicos de las industrias textiles, metalúrgicas, floricultoras, entre otras; que operan en la provincia de Cotopaxi. La mayoría de las industrias no realizan un tratamiento previo de sus residuos antes de descargarlos en el río, por ello el río puede presentar un nivel de contaminación crítico (Ortiz & Mena, 2005).

2.3. Industria de la Curtiembre

La Curtiembre es una empresa dedicada a procesar pieles de animales vacunos, que previamente han sido faenados para el consumo. Existen varios procesos descritos en la Fig. 1 para la transformación de la piel animal en cuero. El cuero es utilizado para fabricar calzado, chaquetas, sombreros, guantes, entre otros; los cuales son consumidos en el país e incluso exportados (Salvador, 2013).

Figura 1

Diagrama de flujo del proceso de curtido de piel



Nota: Tomado de: Ministerio del Ambiente del Ecuador (2012).

Los residuos de la Curtiembre presenta alta concentración de aceites y grasas, plásticos, pesticidas, metales pesados, sólidos disueltos, entre otros; debido a su falta de tratamiento no son aptas para ningún tipo de uso, sin embargo, muchos de los agricultores que viven cerca al río Cutuchi utilizan este recurso hídrico para regar sus cultivos, alimentar a sus animales e incluso para el consumo humano, aumentando así el nivel de morbilidad y mortandad de la población aledaña a este río (Ortiz & Mena, 2005).

2.4. Parámetros analizados en el agua residual

Aceites y grasas

Sustancias de origen lípido, a temperatura ambiente los aceites son líquidos y las grasas sólidas. Son sustancias inmiscibles y difíciles de metabolizar por las bacterias, por lo que quedan suspendidos en el agua residual formando capas, espumas o gelatinas (Teodosiu, Kennedy, Van Straten & Schippers, 1999).

Caudal

El caudal es el volumen de agua que pasa por una sección específica en un determinado tiempo. Las unidades utilizadas para representar este parámetro son L/s (González & Ramírez, 2014).

Cromo total

El cromo es un metal pesado propio de la naturaleza, excesivamente duro, quebradizo y dúctil en estado puro, su densidad es siete veces más que la del agua y tiene un alto peso molecular. Puede llegar a ser cancerígeno debido a su elevada toxicidad. A nivel industrial el cromo está presente en el aire, agua y suelo, provocando

problemas de salud por inhalación, ingestión y contacto cutáneo (División de Toxicología y Ciencias de la Salud, 2012).

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

El DBO₅ es la relación entre la concentración del oxígeno disuelto en el agua (OD) y su grado de contaminación, durante la degradación biológica aeróbica la materia orgánica en un periodo de 5 días. A mayor cantidad de materia orgánica contenida en el agua residual, más cantidad de oxígeno necesitan los microorganismos para oxidarla o degradarla (Lecca & Lizama, 2014).

Demanda química de oxígeno (DQO)

El DQO evalúa el grado de contaminación del agua residual por el contenido materia orgánica presente (Hendrickson, Benjamin, Ferguson & Goebel, 1984).

Dureza total

La dureza total es originada por la presencia de iones metálicos divalentes, principalmente calcio (Ca^{2+}) y magnesio (Mg^{2+}) disueltos en agua. Se expresa como mg de CaCO_3 / Litro. La dureza total en aguas residuales también se asocia con la presencia de iones bicarbonato (HCO_3^-), sulfatos (SO_4^{-2}), cloro (Cl^-) o nitrato (NO_3^-). Un agua dura puede formar depósitos en las tuberías y hasta obstruirlas completamente. El agua es blanda cuando tiene dureza menor de 100 mg CaCO_3 /L; medianamente dura, cuando tiene de 100 a 200 mg CaCO_3 /L; y dura cuando tiene de 200 a 300 mg CaCO_3 /L (Barrenechea, 2004).

Oxígeno disuelto

La solubilidad del oxígeno varía por la presencia de factores como: temperatura, presión atmosférica, sólidos disueltos, movimiento del agua. La poca solubilidad del oxígeno en agua es el principal factor que limita la capacidad de autodepuración. Los microorganismos aerobios usan el oxígeno disuelto para oxidar materia orgánica e inorgánica produciendo CO_2 y agua. Los microorganismos anaerobios usan el oxígeno disuelto para oxidar sales inorgánicas (SO_4^{-2}), nitratos o fosfatos produciendo malos olores (Ramos, Sepúlveda & Villalobos, 2003)

Potencial de hidrógeno (pH)

La acidez o basicidad de una muestra se mide en función de la escala de pH, entre valores de 0 a 14. Se considera pH neutro si el valor del pH es 7, pH ácido si el pH es menor a 7 y pH básico si el pH es mayor a 7. Es indeseable obtener un valor de pH muy ácido en el agua residual, puesto que es muy corrosiva. La alcalinidad del agua residual se debe a la presencia de iones bicarbonato (HCO_3^-), carbonato (CO_3^-) o hidroxilo (OH^-) (Méndez, Vidal, Lorber, & Márquez, 2007).

Sólidos totales

Los sólidos totales están constituidos por materia orgánica e inorgánica y corresponden a la suma de los sólidos disueltos y los sólidos en suspensión. Los sólidos disueltos son materiales solubles, mientras que los sólidos en suspensión es una medida de los sólidos sedimentables (no disueltos) que pueden ser retenidos en un filtro. La presencia de sólidos en el agua afecta negativamente a su calidad disminuyendo el nivel potabilidad y adhiriéndose a la superficie por la cual circula (Lapeña, 1989).

Sulfatos

La presencia de sulfatos es común en aguas residuales, es utilizado para la síntesis de proteínas y liberado en su descomposición. Los sulfatos son solubles en agua y son generados en la curtiembre por la utilización de ácido sulfúrico en los diferentes procesos. Presenta problemas de olor y corrosión de alcantarillas en condiciones anaeróbicas (Rojas, 2002).

Sulfuros

Son sustancias elevadamente tóxicas en medio acuoso por la facilidad de generar sulfuro de hidrógeno (H_2S) a valores de pH menores a 8, produce mal olor y disminuye la cantidad de oxígeno disuelto. El sulfuro se genera por la descomposición por acción bacteriológica anaerobia del sulfuro de sodio que es utilizado en el proceso de pelambre, En los efluentes industriales los sulfuros representan el 76 % de toxicidad (Salas, 2005).

Temperatura

Es importante conocer la temperatura por su influencia en la cinética de las reacciones químicas, la solubilidad de los gases y la intensificación de olores. La temperatura del agua residual en comparación con el agua dulce es mayor debido a los diversos procedimientos que son requeridos por las industrias. Elevadas temperaturas crean un ambiente inhabitable para las especies acuáticas; por otro lado, temperaturas bajas mejoran la concentración de oxígeno disuelto y la demanda bioquímica de oxígeno (Delgadillo, 2010).

Cuando la temperatura del agua residual es inferior a 5 °C no permite la degradación natural de la materia orgánica, a temperaturas cercanas a 15 °C las

bacterias responsables de la generación de metano detienen su actividad, si la temperatura oscila entre los 25 °C y 35 °C tiene lugar con facilidad la actividad bacteriana y alrededor de los 50 °C no se pueden desarrollar los procesos de digestión aerobia y la nitrificación bacteriana (Moreno, 2006).

Tensoactivos (sustancias activas al azul de metileno)

Los tensoactivos son detergentes aniónicos que se activan con el azul de metileno que es un colorante catiónico, formando un par iónico (sal azul) soluble en cloroformo cuya intensidad de color es directamente proporcional a la concentración (Rodríguez, 2007).

Son sustancias que disminuyen la tensión superficial del medio acuoso en que se encuentran disueltos; están formadas por moléculas orgánicas grandes, polares, solubles en agua. Facilitando la formación de espuma, impiden el paso de rayos UV y la difusión del oxígeno atmosférico (Rojas, 2002).

2.5. Análisis Físico-Químico aplicados al estudio del agua residual

Existen varios métodos analíticos para estudiar muestras de agua, cada uno de ellos está enfocado al estudio de un parámetro diferente. En Ecuador el servicio de acreditación ecuatoriana (SAE) basado en la Norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2018 acredita el uso de los Métodos APHA, HACH y EPA; para laboratorios de ensayo y calibración de análisis Físico-químicos en aguas residuales como se detalla en la Tabla 1 (SAE, 2021).

Los Análisis realizados por espectrofotometría VIS, GFAAS deben cumplir la Ley de Lambert Beer, la cual establece una relación directa entre la absorbancia y la

concentración de una disolución. La veracidad de la ley de Lamber-Beer radica en que la concentración de la muestra analizada pase por los puntos que conforman la curva de calibración, graficando la Absorbancia vs Concentración (Martínez Guijarro, 2020).

Tabla 1

Métodos analíticos aplicados al estudio del agua residual

PARÁMETROS	PROCEDIMIENTO
Aceites y grasas	PE-14/SMEd.23, 2017, 5520 B/ Gravimetría
Cromo total	Absorción atómica/EPA 7010
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	PE-06/SM Ed.23, 2017, 5210 B/ Volumetría
Demanda química de oxígeno (DQO)	PE-01/SM Ed.23, 2017, 5220 D/ Espectrofotometría VIS
Dureza total	PE-15/ SM Ed.23, 2017, 2340 C/ Volumetría
Oxígeno disuelto (O ₂)	PE-18/SM Ed. 23, 2017, 4500-O C/ Volumetría
Sólidos totales	PE-36/ SM Ed.23, 2017, 2540 D/ Gravimetría
Sulfatos (SO ₄)	PE-47/ SM Ed.23, 2017, 4500 - SO ₄ -2 E/ Espectrofotometría VIS
Sulfuros (S)	Espectrofotometría, HACH Method 8131
Tensoactivos (detergentes aniónicos)	PE-03/ SM Ed.23, 2017, 5540 C / Espectrofotometría VIS / Anionic Surfactants as MBAS)
Caudal	Método volumétrico
pH	APHA part 4500.H+B 23 rd ed 2017
Temperatura	Termómetro

Nota: Tomado de: Laboratorio de la CICAM de la EPN

2.6. Métodos analíticos

Gravimetría

Es considerado un método analítico lento o tedioso, debido a todas las operaciones que se realizan como: secado, calcinación, digestión y evaporación. Este método no requiere calibración, debido a que los resultados se calculan directamente a partir de los datos experimentales obtenidos referente a la diferencia de pesos. Sin embargo, la exactitud y sensibilidad del método está limitado por: pérdidas por solubilidad, muestras pequeñas de precipitado en grandes volúmenes de disolvente que contienen múltiples componentes, errores de precipitación, entre otros (Skoog, 2020).

Gravimetría de partición

Método analítico que se basa en extraer aceite y grasa disueltos o emulsionados por la adición de un solvente de extracción como: n-hexano, MTBE o una mezcla de ambos. Las fases presentes forman capas y la cantidad de aceite y grasa se determina por la diferencia de peso (Woodard, 2001).

Espectrofotometría de Absorción atómica de horno de grafito (GFAAS)

Método analítico para la atomización de un metal en estado sólido o en solución, empleando un intervalo corto de tiempo y con un tiempo de residencia de los átomos en el camino óptico mayor o igual a un segundo. Es más sensible y necesita menos muestra en comparación con el que el Espectrofotómetro de Absorción atómica de llama (Skoog, 2020).

El principio de GFAAS es la absorción de luz por parte de un elemento en estado atómico, la longitud de onda generada es específica para cada elemento. Se mide la

atenuación de la intensidad de la luz como resultado de la absorción, la radiación absorbida es directamente proporcional a la cantidad de átomos presentes. La muestra se inyecta en la parte central del tubo de grafito y por los extremos de este se suministra energía eléctrica. La muestra es secada; proceso en el cual ocurre la evaporación del solvente a una temperatura en el rango de 80 °C a 180 °C, calcinar es un proceso en el cual ocurre la volatilización del material orgánico e inorgánico presente en la muestra, a una temperatura en el rango de 350 °C a 1600 °C, en la atomización toda la muestra se vaporiza en un rango de 1800 °C a 2800 °C en el camino óptico de la radiación por la elevada temperatura. Es importante utilizar gas de purga para reducir al mínimo reacciones químicas secundarias con las partículas atomizadas de la muestra (Litter, Farías & Armienta, 2009).

Un monocromador aísla la radiación característica de la lámpara de cátodo hueco y un detector (dispositivo fotosensible) mide la radiación transmitida y la convierte en una señal eléctrica. La señal eléctrica puede ser procesada y amplificada, para que pueda interpretarse a través del sistema de lectura (Gomis Yagües, 2008).

Volumetría

Es un método analítico rápido y sencillo; consiste en medir cuanto volumen es requerido de una solución conocida (reactivo) para reaccionar con una sustancia determinada. El reactivo debe ser agregado lentamente en períodos cortos de tiempo; la cantidad de reactivo necesario dependerá de la velocidad con la que se produzca la reacción. En algunos casos se utilizan indicadores como: fenolftaleína, negro de eriocromo T, verde bromocresol, entre otros; los cuales reaccionan con el reactivo modificando el color de la sustancia determinada, produciendo una reacción altamente favorecida (Skoog & West 1985).

Espectrofotometría VIS

Método analítico basado en la detección de la absorbancia de determinados elementos con una longitud de onda en el rango de 160 nm y 780 nm. La capacidad que poseen las moléculas presentes en una solución de absorber la radiación incidente de forma total o parcial, depende de su estructura atómica, temperatura, pH, fuerza iónica, entre otros. La radiación que absorben las moléculas tiene lugar en una o varias bandas las cuales poseen un gran número de espacios de vibración y rotación estrechamente agrupados (Camelino, Minchiotti, Bariles, Padilla & Colazo, 2018).

Un espectrofotómetro VIS está compuesto por: Fuente, monocromador, muestra, detector. Se utiliza lámparas de hidrógeno o deuterio como fuente de radiación, se coloca un monocromador entre la fuente y la muestra para aislar una banda de radiación y evitar que la muestra se descomponga. Para calibrar el espectrofotómetro se lo ajusta a 0% T y el ocluser impide que la radiación llegue al detector. Se inserta el blanco, se retira el ocluser y el espectrofotómetro se ajusta al 100% T. Se sustituye el blanco por la muestra y el detector genera la señal eléctrica en base a una señal que consta fotones, posteriormente se obtiene el valor de la transmitancia en el equipo (Harvey, 2000).

CAPÍTULO III

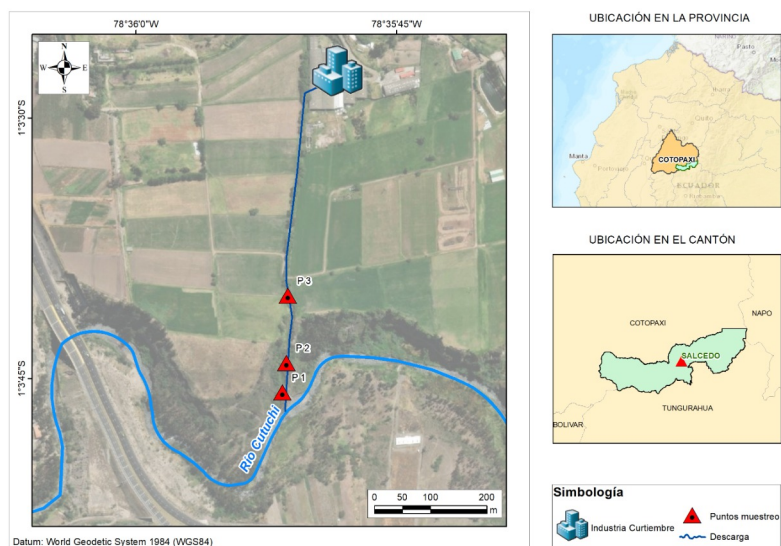
3. Metodología

3.1. Ubicación

La Parroquia San Miguel del Cantón Salcedo se ubica geográficamente a -1.04547 latitud Sur y -78.59063 longitud Oeste, El presente estudio se enfocó en el análisis del agua residual de la vertiente de una industria textil antes de ser desembocada en el río Cutuchi, para evaluar propiedades de medios naturales y elementos contaminantes que afectan a la zona; en la Fig. 2 se observa la ubicación de la zona de estudio y los puntos de muestreo correspondientes.

Figura 2

Ubicación geográfica de la zona de estudio. Mapa ArcGIS® 2021



3.2. Muestreo del agua residual

Las actividades realizadas en la industria textil afectan al cuerpo de agua, se determinó los parámetros presentes y su nivel de incidencia establecidos en la normativa ambiental vigente. Se tomaron 20 muestras al azar incluidas las réplicas correspondientes al 10% del total de las mismas, distribuidas en 3 puntos, los cuales están ubicados entre la industria y el río, asegurando una reproductibilidad aceptable (APHA, 2005).

En la Tabla 2 se detalla las coordenadas geográficas de los 3 puntos de muestreo, las muestras fueron tomadas de forma manual en dos períodos uno en la mañana y otro en la tarde durante un lapso de 3 días (Sábado, Martes y Jueves).

Tabla 2

Coordenadas de los Puntos de muestreo

PUNTOS DE MUESTREO	Latitud	Dirección	Longitud	Dirección
1	1°03'45.8"	Sur	78°35'51.6"	Oeste
2	1°03'44.1"	Sur	78°35'51.3"	Oeste
3	1°03'40.2"	Sur	78°35'51.3"	Oeste

Analizar el agua permitió tener un conocimiento integral y estadísticamente confiable al determinar las cantidades presentes de los principales contaminantes de esta industria de acuerdo con la Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua. Los parámetros físicos analizados fueron: Caudal y

Temperatura. Los parámetros químicos analizados fueron: Aceites y grasas, Cromo total, DBO_5 , DQO, Dureza total, Oxígeno disuelto, pH, Sulfatos, Sulfuros y Tensoactivos (Ministerio del Ambiente, 2015).

El objetivo del muestreo fue recolectar una cantidad de aproximadamente 5 litros de agua residual, distribuidos en botella de plástico, ámbar de vidrio y recipiente Winkler.

Almacenamiento que fue dispuesto por el laboratorio de la Escuela Politécnica Nacional CICAM que cuenta con la acreditación SAE OAE-LE-2C-06-012, lugar donde se realizó el análisis de cada parámetro. Posterior a la toma de muestras, se etiquetó y selló cada una de ellas para evitar la identificación errónea. La etiqueta incluye número de muestra, día del muestreo, punto de recolección y hora. Los contenedores utilizados para el transporte de la muestra son de espuma Flex, las muestras se conservaron en un rango de temperatura de 4 °C a 10 °C para minimizar el potencial de volatilización o biodegradación. Se colocó hielo triturado en los contenedores junto con las muestras antes de su envío al laboratorio (APHA , 2017).

La nomenclatura utilizada para la identificación de muestras fue:

$$D_{\#}P_{\#}H_{\#}$$

$D_{\#}$ = Número del día de recolección de la muestra

$P_{\#}$ = Punto de recolección de la muestra

$H_{\#}$ = Hora de la toma de muestra

Parámetros físico-químicos determinados “in situ”

Fueron analizados in situ los parámetros: temperatura, caudal y pH; en cada uno de los 3 puntos de estudio, debido a que cambian rápidamente por la actividad microbiológica (APHA, 2017).

3.3. Procedimiento para tomar la muestra de cada parámetro

Aceites y Grasas

Procedimiento utilizado: a) Llenar un recipiente graduado con un volumen mayor a 1 L con el agua del efluente. b) Adicionar 1mL de ácido sulfúrico a una botella ámbar de 1 L vacía para preservar la muestra. c) Colocar un embudo en la botella ámbar y llenarla con el agua del efluente que se recogió. d) Tapar la botella ámbar. e) Etiquetar la muestra. f) Almacenar la muestra en un rango de temperatura de 4 °C a 10 °C para su transporte.

Sulfuros

Procedimiento utilizado: a) Llenar un recipiente graduado con un volumen aproximadamente de 6 L con el agua del efluente. b) Introducir el recipiente Winkler de 300 mL tapado. c) Cuando esté sumergido completamente el recipiente Winkler en el agua destaparlo. d) Llenar totalmente el recipiente Winkler y taparlo. e) Etiquetar la muestra. f) Almacenar la muestra en un rango de temperatura de 4 °C a 10 °C para su transporte.

DQO, DBO₅, Cromo total, Sólidos totales, Sulfatos, Dureza total y Tensoactivos

Procedimiento utilizado: a) Llenar un recipiente graduado con un volumen mayor a 3 L con el agua del efluente. b) Colocar un embudo en una botella plástica de 3L. c) Llenarla la botella con el agua del efluente que se recogió. d) Tapar la botella plástica.

e) Etiquetar la muestra. f) Almacenar la muestra en un rango de temperatura de 4 °C a 10 °C para su transporte.

pH

Procedimiento utilizado: a) Recoger una pequeña cantidad de agua del efluente en un recipiente graduado. b) Introducir una tira de pH durante 2 segundos. c) Retirar la tira de pH del agua y luego de 10 segundos se visualizar el cambio de color de la tira. d) Comparar los colores de la tira de pH con los estándares de prueba del fabricante. e) Desechar el agua en el efluente.

Temperatura

Se utilizó un termómetro infrarrojo de pistola de temperatura marca SainSonic modelo SS5380 con puntero láser, el cual proporcionó lectura precisa e instantánea. El tiempo de respuesta del equipo es 500 ms y su precisión de ± 2 °C.

Oxígeno disuelto

Procedimiento utilizado: a) Llenar un recipiente graduado con un volumen aproximadamente de 6 L con el agua del efluente. b) Introducir el recipiente Winkler de 300 mL lentamente en forma diagonal hasta llenarlo por completo y se lo tapa evitando así que en su interior se acumulen burbujas de aire. c) Retirar la muestra del recipiente graduado. d) Adicionar 1 mL de sulfato manganoso, taparlo y homogenizar. e) Adicionar 1 mL de sustancia álcali, taparlo y homogenizar. f) Adicionar 1 mL de ácido sulfúrico, taparlo y homogenizar. g) Etiquetar la muestra. h) Almacenar la muestra en un rango de temperatura de 4 °C a 10 °C para su transporte.

Caudal

El procedimiento usado fue el método volumétrico: a) Se utilizó un cronómetro y un recipiente graduado con una capacidad de 10 L. b) Colocar el recipiente bajo la corriente de agua de tal manera que reciba todo el flujo. c) Activar el cronómetro al instante en el que el recipiente toca el agua y se detiene en el que se retira completamente. d) Se realizó varias mediciones para sacar un valor promedio de caudal en cada punto (González & Ramírez, 2014).

3.4. Análisis químico del agua residual

Análisis de Aceites y grasas en agua residual, mediante el método PE-14/SM ED.23, 2017, 5520 B/GRAVIMETRÍA

Se coloca el contenido de la muestra que se tomó en la botella ámbar a un embudo de decantación, se adiciona n-hexano, se agita el embudo de decantación para que las capas se separen, drenamos la parte líquida del embudo y lo restante se coloca en un tubo de centrifuga de vidrio y se centrifuga aproximadamente a 2400 rpm. El proceso de drenar y centrifugar se repite 2 veces más y en cada repetición se adiciona 30 mL de n-Hexano al embudo de decantación. Se pesa un matraz Erlenmeyer vacío, se coloca la muestra centrifugada y se calienta en la estufa a 85 °C. Para enfriar el matraz se usa un desecador, posteriormente pesar el matraz y calcular la cantidad de aceites y grasas según la fórmula descrita en el Anexo 1 (APHA , 2017).

Análisis del Caudal en agua residual mediante el método volumétrico

Se reemplaza los datos de tiempo y volumen del flujo de descarga tomados y reemplazarlos en la siguiente fórmula (Mott, 2006).

$$Q = \frac{\text{volumen}}{\text{tiempo}} = \frac{\text{Litro}}{\text{segundo}}$$

Análisis de Cromo total en agua residual, mediante el método de Absorción atómica/EPA 7010

Se realizó la digestión de la muestra con ácido nítrico ultra puro debido a su alto contenido de materia orgánica. La solución obtenida se coloca en el tubo de grafito y se analiza en el espectrofotómetro de horno de grafito a una longitud de onda de 357,9 nm. se calcula la concentración de Cromo total presente en la muestra por la fórmula descrita en el Anexo 2 (USEPA, 2007).

Análisis de DBO₅ en agua residual, mediante el método PE-06/ SM Ed.23, 2017, 5210 B/ Volumetría

Se coloca diferentes volúmenes de la muestra en recipientes Winkler por duplicado, se adiciona agua de dilución lentamente sin producir burbujas de aire hasta el tope del recipiente, se lo tapa y se homogeniza las muestras. Las muestras duplicadas son preservadas por 5 días a 20 °C y sin presencia de luz para evitar el crecimiento de algas. La volumetría con sulfito sódico nos permite obtener la concentración de cada muestra y su duplicado, adicionándose a la muestra soluciones de sulfato de magnesio, ácidas y alcalinas. Titular hasta obtener un color transparente y reemplazar los valores obtenidos en la fórmula correspondiente al Anexo 3 (APHA, 2017).

Análisis de DQO en agua residual, mediante el método PE-01/ SM Ed.23, 2017, 5220 D/ Espectrofotometría VIS

En primer lugar, se realiza la digestión de la muestra colocando una alícuota en el vial 1 adicionando reactivo Hatch y un blanco colocando una alícuota de agua destilada

en el vial 2 adicionando reactivo Hatch; las cantidades exactas de las alícuotas están descritas en el Anexo 6. La medida de la absorbancia se la obtiene por Espectrofotómetro UV – VIS a una longitud de onda de 420 nm, se calcula la concentración de DQO presentes en la muestra por la fórmula descrita en el Anexo 4 (APHA, 2017).

Análisis de Dureza total en agua residual, mediante el método PE-15/SM ED.23, 2017, 2340/VOLUMETRÍA

Se realizó la digestión la muestra con ácido nítrico-sulfúrico. Se toma una alícuota de la muestra, se agrega el indicador negro eriocromo T. Se procede a preparar una solución a pH 10 tomando otra alícuota de la muestra agregándole 1 mL de solución tampón, agregar el indicador y titular con EDTA con agitación continua hasta obtener un color azul. Se calcula la dureza total del agua con la fórmula descrita en el Anexo 5 (Brandi & Wilson-Wilde, 2013).

Análisis de Oxígeno disuelto (O₂) en agua residual, mediante el método PE-18/ SM Ed.23, 2017, 4500-O C/ VOLUMETRÍA

Se valora la muestra tomada en el recipiente Winkler con tiosulfato de sodio hasta obtener un color amarillo pálido y posteriormente se adiciona almidón hasta obtener una coloración azul, calcular la concentración de oxígeno disuelto mediante las fórmulas proporcionadas en el Anexo 6 (APHA, 2017).

Análisis de Sólidos totales en agua residual, mediante el método PE-34/SM Ed.23, 2017, 2540B/ Gravimetría

Insertar el plato de porcelana en la estufa y secarlo a 105 °C por 1 h, enfriar en el desecador a temperatura ambiente y pesar. Homogenizar la muestra y pipetear una alícuota en el plato de porcelana y secar en la estufa al menos 1 h a 105 °C. Retirar con pinzas el plato de porcelana, enfriar en el desecador a temperatura ambiente y pesar. Repetir el proceso secado, desecación y pesaje hasta se obtenga un peso constante o que el cambio de peso sea de < 0.5 mg. Para obtener la concentración en mg/L de Sólidos totales se debe aplicar la fórmula descrita en el Anexo 7 (APHA, 2017).

Análisis de Sulfatos en agua residual, mediante el método PE-47/ SM Ed.23, 2017, 4500 - SO₄ -2 E/ Espectrofotometría VIS

Es un método colorimétrico en el cual los cristales de BaCl₂ ayudan a precipitar los sulfatos presentes en la muestra. Posteriormente la medida de la absorbancia se la obtiene por espectrofotometría a una longitud de onda de 420 nm, se calcula la concentración de sulfatos presentes en la muestra por la fórmula descrita en el Anexo 8 (APHA, 2017).

Análisis de Sulfuros en agua residual, mediante el método Espectrofotometría, HACH método 8131

Preparar la solución estándar y la solución patrón como se dispone en el ANEXO 9, Posteriormente la medida de la absorbancia se la obtiene por Espectrofotómetro UV – VIS a una longitud de onda de 690 nm, se calcula la concentración de sulfuros presentes en la muestra por la fórmula descrita en el Anexo 9 (HACH, 2018).

Análisis de Tensoactivos (detergentes aniónicos) en agua residual, mediante el método PE-03/ SM Ed.23, 2017, 5540 C/ Espectrofotometría VIS/ Anionic Surfactants as MBAS

Titular la muestra con hidróxido de sodio utilizando fenolftaleína como indicador hasta obtener un color rosa fuerte, posteriormente agregar ácido sulfúrico hasta que la solución se torne transparente, agregar peróxido de hidrógeno para evitar la decoloración del azul de metileno por sulfuros y agitar. Agregar cloroformo y el reactivo de azul de metileno, agitar continuamente el embudo por 30 segundos, dejar que las fases se separen y drenar la fase más líquida a un embudo de decantación. Repetir este proceso 2 veces más. Adicionar solución de lavado, agitar continuamente por 30 segundos, reposar, agitar y drenar a través de un embudo de lana de vidrio a un matraz aforado, este proceso se repite 2 veces más, posteriormente se completa la dilución con cloroformo y se homogeniza. La solución obtenida se la analiza en el espectrofotómetro VIS a una longitud de onda de 652 nm sulfuro, colocar cloroformo que actúa como blanco, se calcula la concentración de tensoactivos presentes en la muestra por la fórmula descrita en el Anexo 10 (APHA, 2017).

3.5. Análisis estadístico

Se procede a realizar el análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95 % ($\alpha=0.05$) en base a los valores de concentración obtenidos de cada parámetro medido en las 20 muestras. Se utilizó Minitab®, el cual es software de estadística y facilita el análisis de datos y el Software Microsoft® Excel.

Se aplicó un diseño factorial con tres factores ($AxBxC$), pues el objetivo es estudiar el efecto de cada uno de los factores sobre una variable de respuesta. Los factores de estudio son de tipo cuantitativo (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, 2004).

$$AxBxC = 3x3x2$$

A= Días

B=Puntos

C= Horas

La representación de cada uno de los parámetros fue en las siguientes gráficas: de: residuos, de caja, efectos principales, interacción; y se utilizó el Método Tukey para comparar las diferencias significativas entre las medias para los factores de estudio (Spiegel & Stephens, 1994).

En la Tabla 3 se observa la distribución de todos los parámetros correspondientes a cada una de las muestras analizadas y los valores de concentración obtenidos, en **negrita** están marcados los valores que sobrepasan los límites máximos permisibles.

Tabla 3

Análisis estadístico para la concentración de cada parámetro en las muestras de agua obtenidas en San Miguel de Salcedo

Orden Est	Orden Corrida	A	B	C	Aceites y grasas (mg/L)	Cromo total (mg/L)	DBO5(mg/L)	DQO (mg/L)	Dureza total (mg/L)	O2 (mh/L)	Solidos totales (mg/L)	Sulfatos (mg/L)	Sulfuros (mg/L)	Tensoactivos (mg/L)	Caudal (L/s)	Temperatura (°C)	pH
1	1	9 am	P1	Martes	2.5	2.15	991	3,310.00	931	0	9,718.00	1,050.00	185	5.1	2.019	17.7	11
8	2	9 am	P3	Miércoles	2.5	2.27	1,021.00	3,730.00	980	0	10,048.00	1,150.00	175	4.8	4.645	18.2	11
15	3	12 pm	P2	Sábado	2.5	2.89	882	3,020.00	733	0	8,046.00	1,020.00	165	7.6	2.488	19.2	11
16	4	12 pm	P3	Martes	2.5	1.95	922	3,410.00	1,020.00	0	10,010.00	1,025.00	190	6.1	3.689	18.1	11
9	5	9 am	P3	Sábado	2.5	2.67	689	3,050.00	752	0	7,816.00	1,040.00	190	6.1	2.113	17.8	11
12	6	12 pm	P1	Sábado	2.5	2.83	957	2,980.00	762	0	8,000.00	1,000.00	173	7.1	2.752	18.5	11
6	7	9 am	P2	Sábado	2.5	3.24	733	2,880.00	752	0	7,782.00	1,040.00	176	6.4	2.484	17.5	11
2	8	9 am	P1	Miércoles	2.5	1.72	1,000.00	3,270.00	921	0	10,016.00	1,175.00	190	6.1	3.112	19.7	11
11	9	12 pm	P1	Miércoles	2.5	2.28	1,494.00	3,680.00	1,000.00	0	9,654.00	1,100.00	182	4.3	3.378	20.3	11
14	10	12 pm	P2	Miércoles	2.5	2.41	1,230.00	3,490.00	960	0	9,610.00	1,125.00	190	12.1	4.337	19.9	11
10	11	12 pm	P1	Martes	2.5	2.02	1,252.00	3,380.00	970	0	9,980.00	1,050.00	200	4.6	2.966	19.4	11
18	12	12 pm	P3	Sábado	2.5	3.14	693	3,300.00	743	0	8,090.00	960	186	7.4	1.026	19.1	11
5	13	9 am	P2	Miércoles	2.5	2.11	1,142.00	3,280.00	941	0	10,082.00	1125	184	7.7	3.718	18.2	11
17	14	12 pm	P3	Miércoles	2.5	2.13	1,293.00	3,520.00	1,020.00	0	9,552.00	1,125.00	197	6.2	4.89	20.8	11
4	15	9 am	P2	Martes	2.5	2.34	1,015.00	3,350.00	1,020.00	0	9,748.00	950	170	5.8	3.373	16.8	11
3	16	9 am	P1	Sábado	2.5	3.31	851	3,110.00	733	0	7,692.00	1,020.00	176	8.5	2.211	19.0	11
7	17	9 am	P3	Martes	2.5	2.12	1,081.00	3,350.00	1,010.00	0	9,740.00	1,025.00	192	5.0	1.734	17.1	11
13	18	12 pm	P2	Martes	2.5	2.11	950	3,230.00	1,000.00	0	10,030.00	1,075.00	160	7.1	4.178	18.1	11
19	19	9 am	P1	Martes	2.5	2.01	1,219.00	3,240.00	1,010.00	0	9,756.00	950	200	5.2	2.163	17.6	11
20	20	12 pm	P3	Miércoles	2.5	2.11	1,151.00	3,520.00	980	0	9,608.00	1,100.00	195	5.8	5.039	20.3	11

CAPÍTULO IV

4. Resultados y discusión

4.1. Análisis de las muestras de agua

En el presente capítulo, se presentan los resultados obtenidos de los análisis realizados a muestras de agua residual y las observaciones pertinentes. En la Tabla 4 se detalla los límites máximos permisibles dispuestos en el Anexo I del Libro VI de TULSMA (Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente) para cada parámetro medido. Las concentraciones obtenidas en los análisis de aceites y grasas, pH y oxígeno disuelto fueron constantes en todos los días, horas y puntos de análisis realizados; es decir no se puede realizar un análisis de varianza entre los factores y el parámetro medido.

Tabla 4

Límites máximos permisibles para cada parámetro

Parámetros	Límites máximos permisibles	Normativa
Aceites y grasas	30 (mg/L)	TULSMA
Cromo total	0.032 (mg/L)	TULSMA
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	100 (mg/L)	TULSMA
Demanda química de oxígeno (DQO)	200 (mg/L)	TULSMA
Dureza total	500 (mg/L)	TULSMA
Oxígeno disuelto (O ₂)	0.8 (mg/L)	TULSMA
Sólidos totales	1,600.00 (mg/L)	TULSMA
Sulfatos (SO ₄)	1,000.00 (mg/L)	TULSMA
Sulfuros (S)	0.5 (mg/L)	TULSMA

Parámetros	Límites máximos permisibles	Normativa
Tensoactivos	0.5 (mg/L)	TULSMA
pH	6.0 – 9.0	TULSMA
Temperatura	17 °C – 23 °C	TULSMA

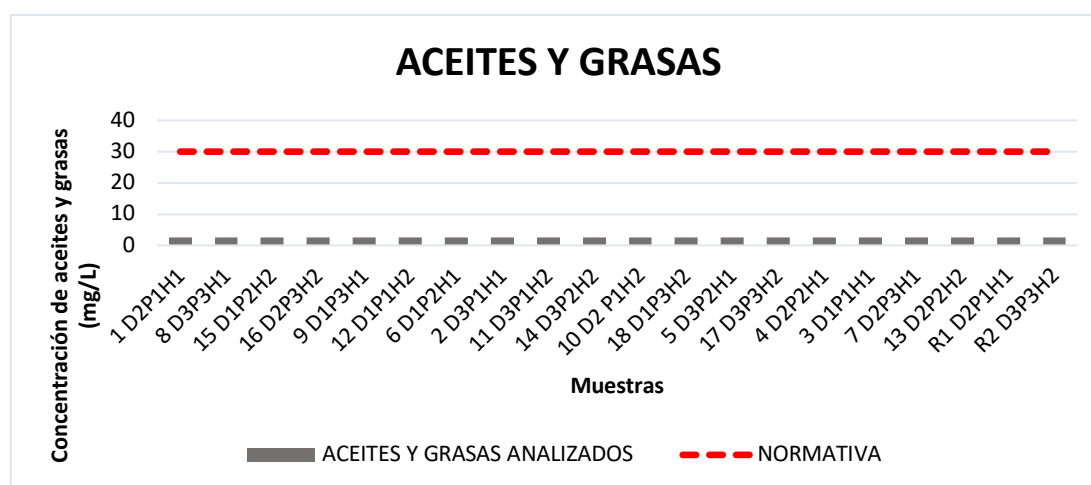
Nota: Tomado de: Ministerio del Ambiente Ecuador Normativa para Efluentes (2015).

ACEITES Y GRASAS

En la Fig. 3 se observa la representación gráfica de las 20 muestras, incluidas las réplicas analizadas de aceites y grasas en comparación con el valor 30 mg/L de acuerdo con la normativa TULSMA, correspondiente a la Tabla 4. Se puede evidenciar claramente que todas las concentraciones obtenidas para este parámetro se encuentran muy por debajo alrededor del 83,33 % del límite máximo permisible y por lo tanto los aceites y grasas no producen contaminación del agua en la industria textil.

Figura 3

Resultados de la concentración de Aceites y Grasas en comparación con la normativa de TULSMA



CAUDAL

El análisis de varianza realizado demostró que sí existen grados de libertad disponibles en los resultados obtenidos, representados en la Tabla 5. Se acepta la Hipótesis nula para la interacción doble Hora*Punto y se rechaza para los factores Hora, Punto, Día; incluida la interacción dobles Hora*Día y triple Hora*Punto*Día, pues estos valores son fuentes de variabilidad en los resultados calculados del Caudal y menores al nivel de significancia ($\alpha=0.05$).

Tabla 5

Análisis de varianza para el Caudal (L/s)

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Hora	1	2.5712	1.0864	1.0864	101.21	0.010
Punto	2	1.9009	1.4487	0.7243	67.48	0.015
Día	2	12.2453	10.7575	5.3787	501.08	0.002
Hora*Punto	2	0.0184	0.0222	0.0111	1.04	0.491
Hora*Día	2	1.5128	1.5395	0.7698	71.71	0.014
Punto*Día	4	4.3760	4.3551	1.0888	101.43	0.010
Hora*Punto*Día	4	1.1444	1.1444	0.2861	26.05	0.036
Error	2	0.0215	0.0215	0,0107		
Total	19	23.7905				

Figura 4

Gráfica de caja de Caudal

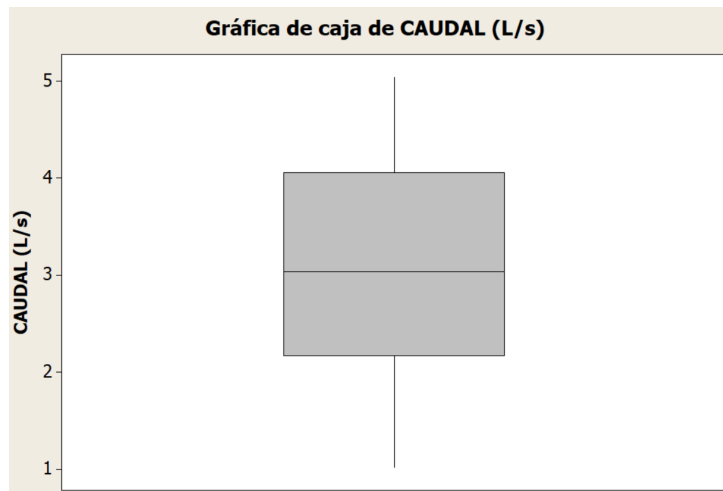
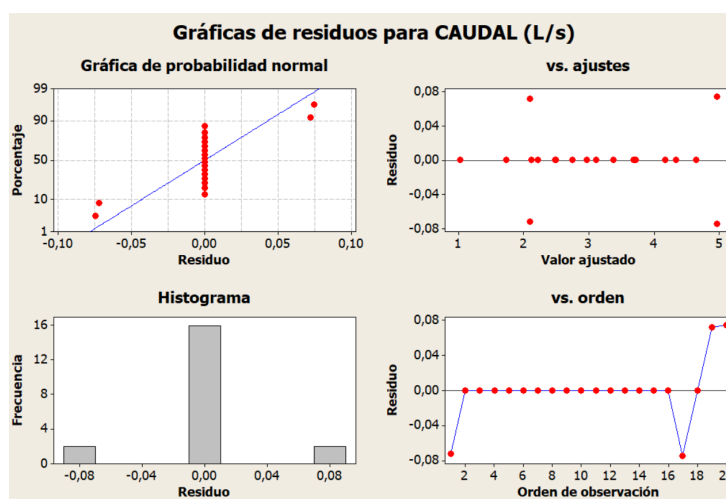


Figura 5

Gráficas de residuos para Caudal



El análisis de la estadística básica del Caudal representada en la Fig. 4 muestra que la media del Caudal es 3.116 L/s, con un coeficiente de variación de 35.91 L/s, la desviación estándar es 1.119 L/s y la mediana 3.039 L/s. La mayoría de los resultados calculados están entre 2.175 L/s y 4,063 L/s; sin embargo, algunas muestras presentan valores bajos como 1.026 L/s y altos como 5.039 L/s. En la Fig. 5 se observan valores atípicos de los resultados de Caudal. Se observa que no existe distribución normal de los datos, por lo tanto, no existe normalidad y tampoco cumple el supuesto de varianza constante. No existe dispersión entre los datos por lo que no cumple independencia de residuos.

En la Tabla 6. y la Fig. 6 se compara las diferencias entre las medias para los factores Hora, Punto y Día. El factor Hora no tiene medias iguales, en el factor Punto la media del P2 es diferente en relación con la del P1 y P3. En el factor Día ninguna media es igual. En la Fig. 7 se interpreta cómo actúan los factores sobre la variable de respuesta, deduciendo que las interacciones dobles no son fuente de variabilidad.

Tabla 6

Método de Tukey de los factores Hora, Punto, Día para Caudal

Factores	Método de Tukey con nivel de confianza del 95%		
	N	Media	Agrupación
Hora			
12 pm	10	3.311	A
9 am	10	2.830	B
Punto	N	Media	Agrupación

Factores	Método de Tukey con nivel de confianza del 95%		
P2	6	3.430	A
P3	7	3.029	B
P1	7	2.752	B
Día	N	Media	Agrupación
Miércoles	7	4.027	A
Martes	7	3.005	B
Sábado	6	2.178	C

Figura 6

Gráfica de efectos principales para Caudal

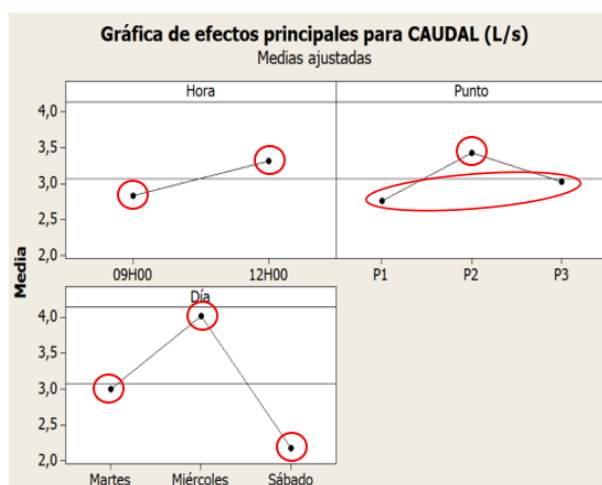
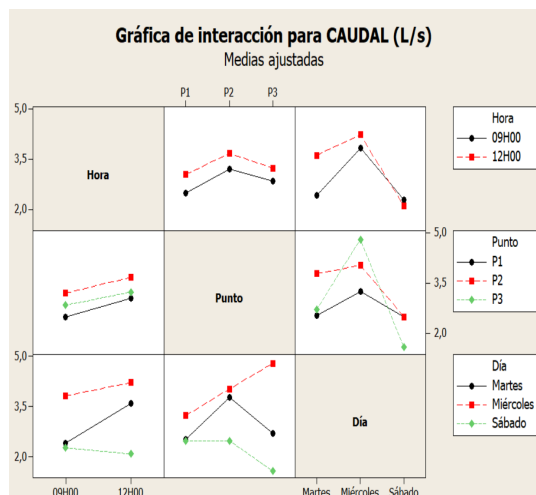


Figura 7

Grafica de interacción para Caudal



CROMO TOTAL

El análisis de varianza realizado demostró que sí existen grados de libertad disponibles en los resultados obtenidos en cada una de las muestras analizadas, representados en la Tabla 7. Se acepta la Hipótesis nula para los factores Hora, Punto y para todas las interacciones dobles Hora*Punto, Hora*Día y Punto*Día. Se rechaza la hipótesis nula para el factor Día y para la interacción triple Hora*Punto*Día, pues estos valores son menores al nivel de significancia ($\alpha=0.05$) y se deduce que son fuentes de variabilidad en los resultados de concentración de Cromo total.

Tabla 7

Análisis de varianza para Cromo total

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Hora	1	0.00024	0.00071	0.00071	0.14	0.742
Punto	2	0.13687	0.08168	0.04084	8.17	0.109

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Día	2	3.27649	3.23613	1.61806	323.61	0.003
Hora*Punto	2	0.01614	0.01676	0.00838	1.68	0.374
Hora*Día	2	0.12780	0.15133	0.07566	15.13	0.062
Punto*Día	4	0.05793	0.07802	0.01951	3.90	0.214
Hora*Punto*Día	4	0.41441	0.41441	0.10360	20.72	0.047
Error	2	0.01000	0.01000	0.00500		
Total	19	4.03990				

El análisis de la estadística básica de la concentración de Cromo total representada en la Fig. 8 muestra que la media de la concentración de Cromo total es 2.391 mg/L, con un coeficiente de variación de 19.29 mg/L, la desviación estándar es 0.461 mg/L y la mediana 2.210 mg/L. La mayoría de los resultados están entre 2.110 mg/L y 2.79 mg/L, valores correspondientes a los cuartiles 1 y 3 respectivamente. Sin embargo, algunas muestras presentan valores bajos de concentración como 1.72 mg/L y altos como 3.310 mg/L. En la Fig. 9 se observan valores atípicos de la concentración de Cromo total. Se observa que no existe un buen ajuste de los datos a la recta normal, por lo tanto, no existe normalidad y tampoco cumple el supuesto de varianza constante. Existe dispersión entre los datos por lo que se cumple la independencia de residuos.

Figura 8

Gráfica de caja para Cromo total

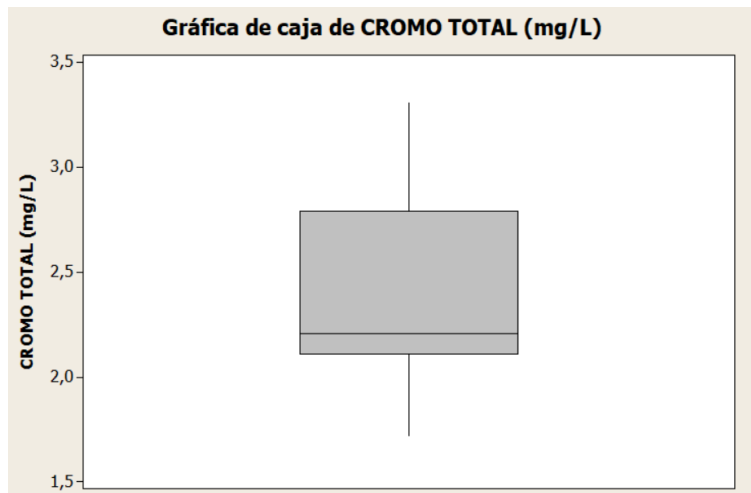
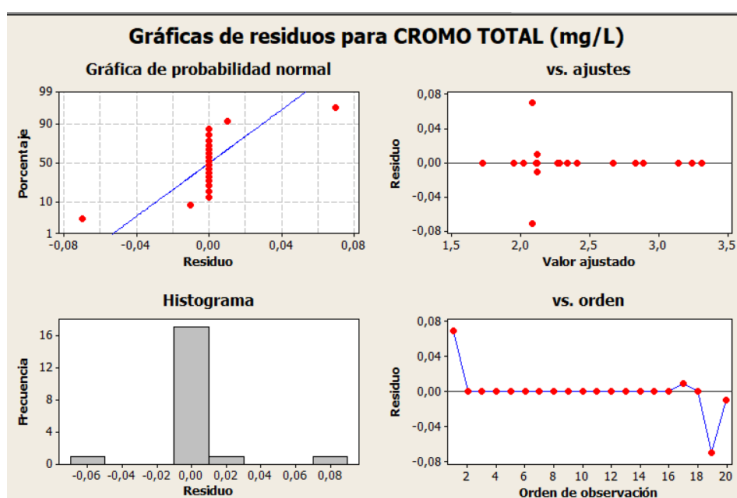


Figura 9

Gráfica de residuos para Cromo total



En la Tabla 8. y en la Fig. 10 se compara las diferencias entre las medias para los factores Hora, Punto y Día. Los factores Hora y Punto tienen medias iguales; en el factor Día la media del Sábado es diferente en relación con la del Miércoles y Martes. En la Fig. 11 se interpreta cómo actúan cada uno de los factores sobre la variable de respuesta, deduciendo que las interacciones dobles no son fuente de variabilidad.

Tabla 8

Método de Tukey del factor Hora, Punto, Día para Cromo total

Factores	Método de Tukey con nivel de confianza del 95%		
Hora	N	Media	Agrupación
9 am	10	2.429	A
12 pm	10	2.417	A
Punto	N	Media	Agrupación
P2	6	2.517	A
P3	7	2.378	A
P1	7	2.373	A
Día	N	Media	Agrupación
Sábado	6	3.013	A
Miércoles	7	2.152	B
Martes	7	2.103	B

Figura 10

Gráfica de efectos principales para Cromo total

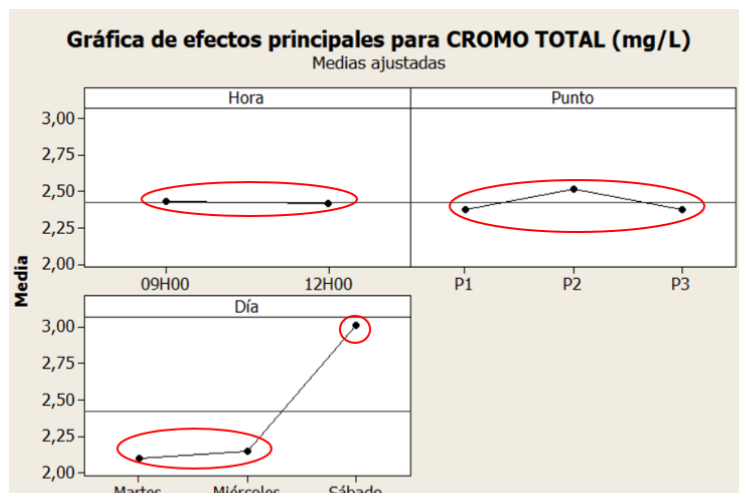
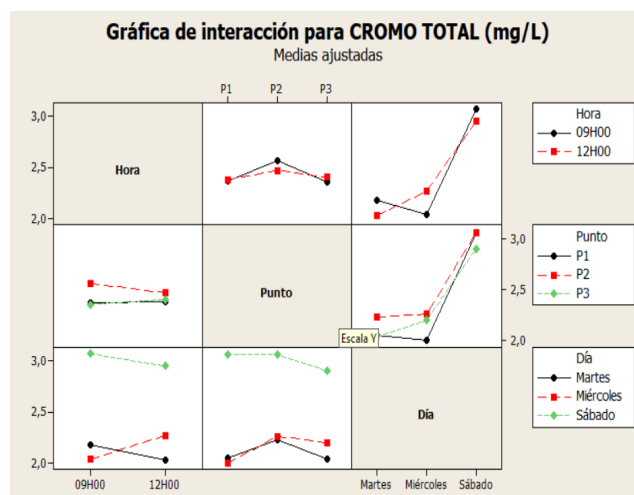


Figura 11

Gráfica de interacción para Cromo total

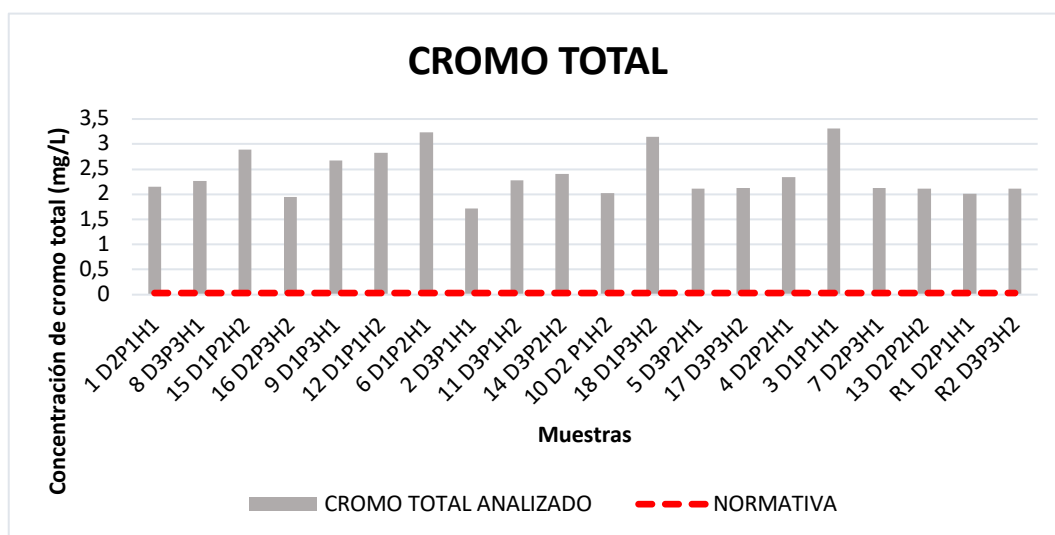


En la Fig. 12 se observa la representación gráfica de las 20 muestras, incluida las réplicas analizadas de cromo total en comparación con el valor 0.032 mg/L de acuerdo con la normativa TULSMA, correspondiente a la Tabla 4. Se puede evidenciar

claramente que las todas concentraciones obtenidas para este parámetro sobrepasan el límite máximo permisible. Los valores de los análisis obtenidos están en el rango de 1.72 mg/L considerado el valor más bajo a 3.31 mg/L considerado el valor más alto; correspondientes a las muestras 2 D3P1H1 Y 3 D1P1H1. La contaminación por este parámetro es muy elevada, se puede asumir que la planta no lleva a cabo un tratamiento previo antes de desechar el agua residual al río.

Figura 12

Resultados de la concentración de Cromo total en comparación con la normativa de TULSMA



DBO5

El análisis de varianza realizado demostró que sí existen grados de libertad disponibles en los resultados obtenidos en cada una de las muestras analizadas, representados en la Tabla 9. Se acepta la Hipótesis nula para todos los factores y para todas las interacciones dobles y triple, pues estos valores son mayores al nivel de

significancia ($\alpha=0.05$). Se deduce que no existen fuentes de variabilidad en los resultados de concentración de DBO_5 .

Tabla 9

Análisis de varianza para DBO_5

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Hora	1	58,536.00	54,778.00	54,778.00	3.04	0.224
Punto	2	87,011.00	100,824.00	50,412.00	2.79	0.264
Día	2	501,002.00	473,677.00	236,839.00	13.13	0.071
Hora*Punto	2	36,915.00	50,433.00	25,216.00	1.40	0.417
Hora*Día	2	74,372.00	68,246.00	34,123.00	1.89	0.346
Punto*Día	4	15,651.00	15,866.00	3,966.00	0.22	0.907
Hora*Punto*Día	4	27,761.00	27,761.00	6,940.00	0.38	0.811
Error	2	36,074.00	36,074.00	18,037.00		
Total	19	837,322.00				

El análisis de la estadística básica de la concentración de DBO_5 representada en la Fig. 13 muestra que la media de la concentración de DBO_5 es 1028.3 mg/L, con un coeficiente de variación de 20.42 mg/L, la desviación estándar es 209.9 mg/L y la mediana 1007.5 mg/L. La mayoría de los resultados están entre 892 mg/L y 1,202.00 mg/L, valores de los cuartiles 1 y 3 respectivamente. Sin embargo, algunas muestras presentan valores bajos de concentración como 689 mg/L y altos como 1,494.00 mg/L. En la Fig. 14 se observan valores atípicos de la concentración de DBO_5 . Se observa que no existe un buen ajuste de los datos a la recta normal, por lo tanto, no existe

normalidad y tampoco cumple el supuesto de varianza constante. Existe dispersión entre los datos por lo que se cumple la independencia de residuos.

Figura 13

Gráfica de caja para DBO_5

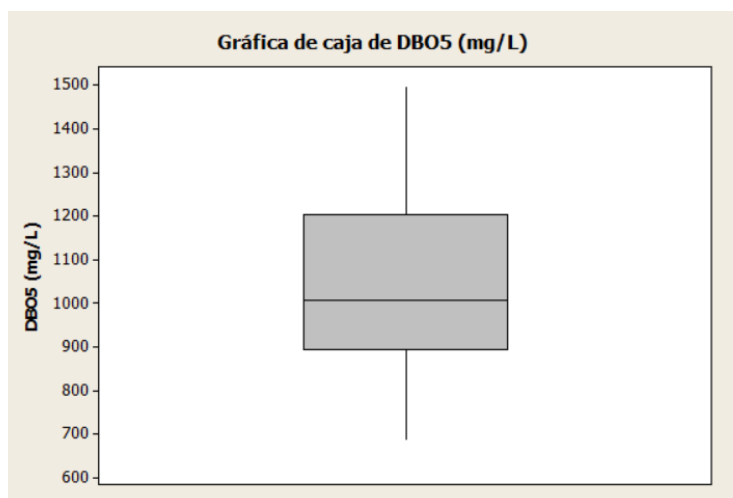
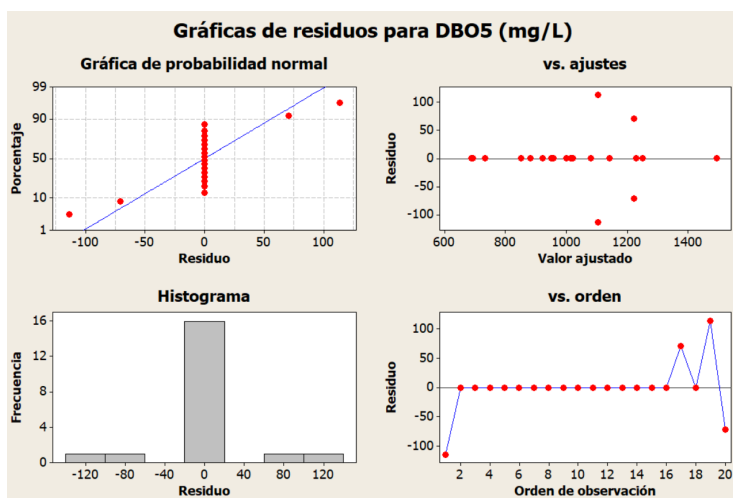


Figura 14

Gráfica de residuos para DBO_5



En la Tabla 10. y en la Fig. 15 se compara las diferencias entre las medias para los factores Hora, Punto y Día. Los factores Hora, Punto y Día tienen medias iguales. En la Fig. 16 se interpreta cómo actúan cada uno de los factores sobre la variable de respuesta, deduciendo que las interacciones dobles no son fuente de variabilidad.

Tabla 10

Método de Tukey del factor Hora, Punto, Día para DBO₅

Factores	Método de Tukey con nivel de confianza del 95%		
	N	Media	Agrupación
Hora			
12 pm	10	1066.9	A
9 am	10	959.7	A
Punto			
P1	7	1109.8	A
P2	6	992.0	A
P3	7	938.0	A
Día			
Miércoles	7	1184.8	A
Martes	7	1054.2	A
Sábado	6	800.8	A

Figura 15

Gráfica de efectos principales para DBO_5

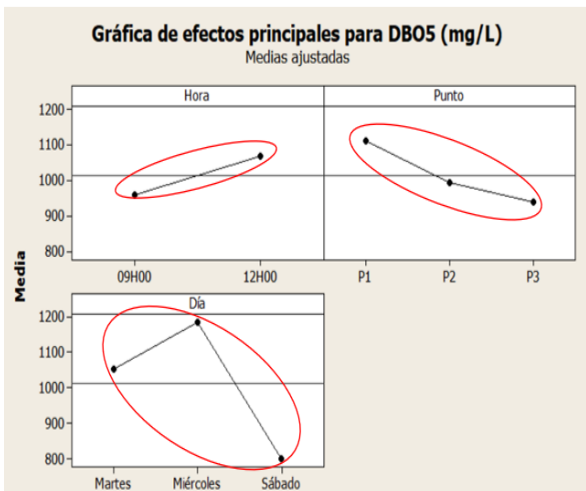
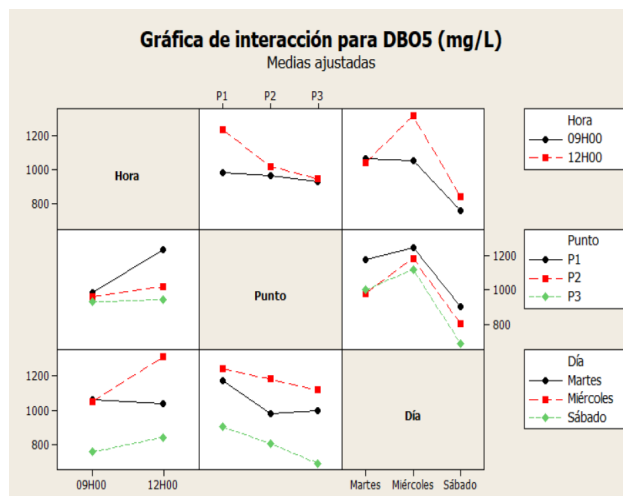


Figura 16

Gráfica de interacción para DBO_5

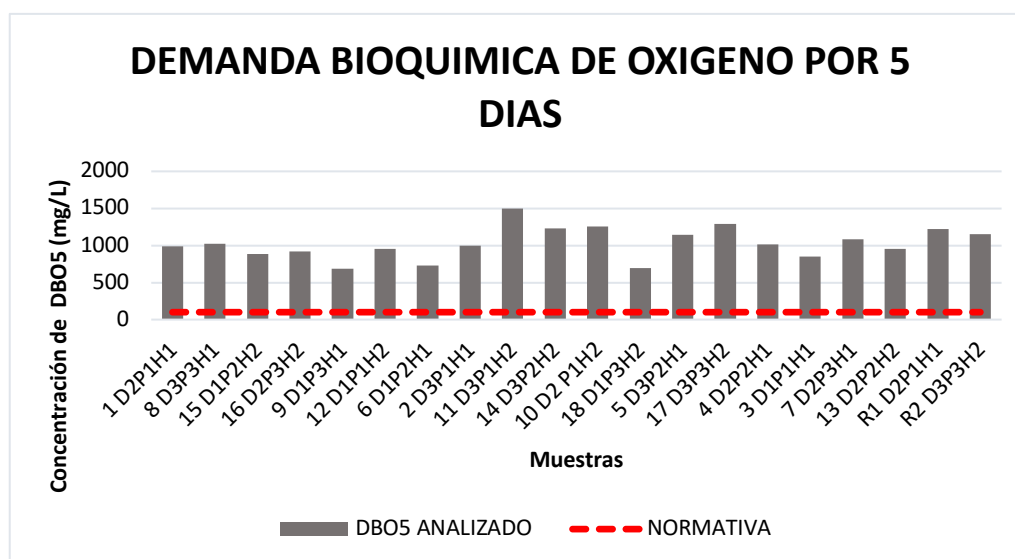


En la Fig. 17 se observa la representación gráfica de las 20 muestras, incluida las réplicas analizadas de DBO_5 en comparación con el valor 100 mg/L de acuerdo con la

normativa TULSMA, correspondiente a la Tabla 4. Se puede evidenciar claramente que las todas concentraciones obtenidas para este parámetro sobrepasan el límite máximo permisible lo que indica que es un río con alto nivel de contaminación. Los valores de los análisis obtenidos están en el rango de 693 mg/L considerado el valor más bajo a 1,494.00 mg/L considerado el valor más alto; correspondientes a las muestras 18 D1P3H2 y 11 D3P1H2.

Figura 17

Resultados de la concentración de DBO5 en comparación con la normativa de TULSMA



DQO

El análisis de varianza realizado demostró que sí existen grados de libertad disponibles en los resultados obtenidos en cada una de las muestras analizadas, representados en la Tabla 11. Se acepta la Hipótesis nula para todas las interacciones dobles Hora*Punto, Hora*Día y Punto*Día. Se rechaza la Hipótesis nula para todos los

factores Hora, Punto, Día y para la interacción triple Hora*Punto*Día, pues estos valores son menores al nivel de significancia ($\alpha=0.05$). Se deduce que si existen fuentes de variabilidad en los resultados de concentración de DQO.

Tabla 11

Análisis de varianza para DQO

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Hora	1	46,080.00	30,072.00	30,072.00	24.55	0.038
Punto	2	128,190.000	109,289.00	54,644.00	44.61	0.022
Día	2	586,707.00	611,027.00	3305,513.00	249.40	0.004
Hora*Punto	2	10,782.00	7,402.00	3,701.00	3.02	0.249
Hora*Día	2	7,826.00	12,232.00	6,116.00	4.99	0.167
Punto*Día	4	10,345.00	14,581.00	3,645.00	2.98	0.267
Hora*Punto*Día	4	158,600.00	158,600.00	39,650.00	32.37	0.030
Error	2	2,450.00	2,450.00	1,225.00		
Total	19	950,900.00				

El análisis de la estadística básica de la concentración de DQO representada en la Fig. 18 demuestra que la media de la concentración de DQO es 3,305.00 mg/L, con un coeficiente de variación de 6.77 mg/L, la desviación estándar es 223.7 mg/L y la mediana 3,305.00 mg/L. La mayoría de los resultados están entre 3,140.00 mg/L y 3,470.00 mg/L, valores de los cuartiles 1 y 3 respectivamente. Sin embargo, algunas muestras presentan valores bajos de concentración como 2,880.00 mg/L y altos como 3,730.00 mg/L. En la Fig. 19 se observan valores atípicos de la concentración de DQO.

Se observa que no existe un buen ajuste de los datos a la recta normal, por lo tanto, no existe normalidad y tampoco cumple el supuesto de varianza constante, sin embargo, si existe dispersión entre los datos por lo que se cumple la independencia de residuos.

Figura 18

Gráfica de caja de DQO

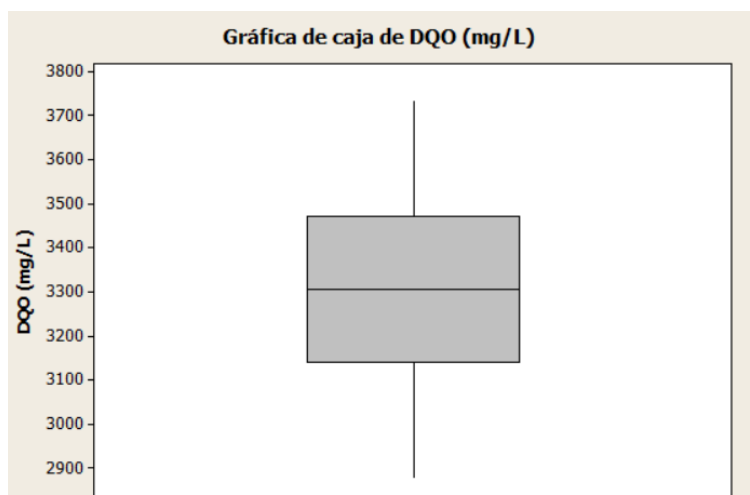
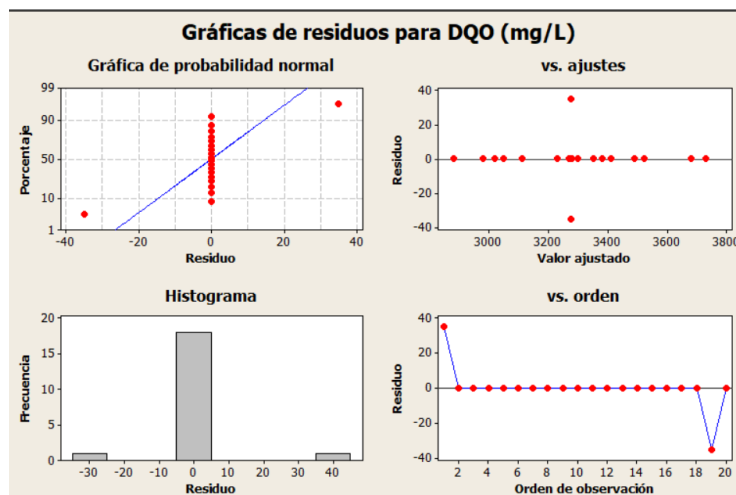


Figura 19

Gráfica de residuos para DQO



En la Tabla 12. y en la Fig. 20 se compara las diferencias entre las medias para los factores Hora, Punto y Día. El factor Hora no tiene medias iguales, el factor Punto tiene medias iguales para P3 y P1 y para P1 y P2. El factor Día no tiene medias iguales para ninguno de sus niveles. En la Fig. 23 se interpreta cómo actúan cada uno de los factores sobre la variable de respuesta, deduciendo que las interacciones dobles no son fuente de variabilidad.

Tabla 12

Método de Tukey del factor Hora para DQO

Factores	Método de Tukey con nivel de confianza del 95%		
	N	Media	Agrupación
Hora			
12 pm	10	3,334.00	A

Factores	Método de Tukey con nivel de confianza del 95%		
9 am	10	3,244.00	B
Punto	N	Media	Agrupación
P3	7	3,393.00	A
P1	7	3,266.00	B
P2	6	3,208.00	B
Día	N	Media	Agrupación
Miércoles	7	3,495.00	A
Martes	7	3,333.00	B
Sábado	6	3,040.00	C

Figura 20

Gráfico de efectos principales para DQO

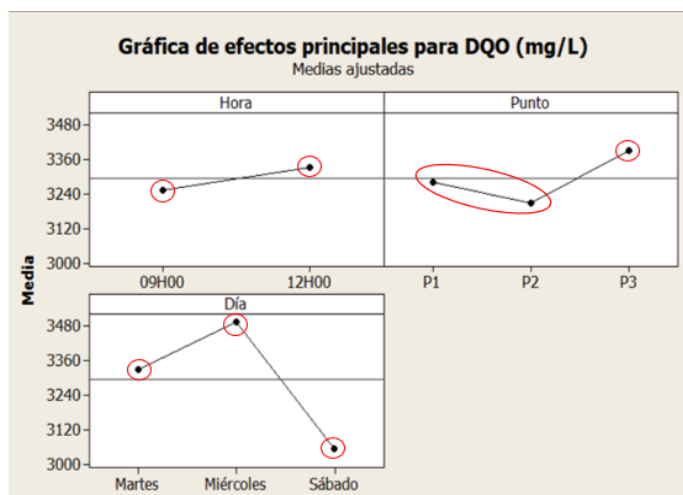
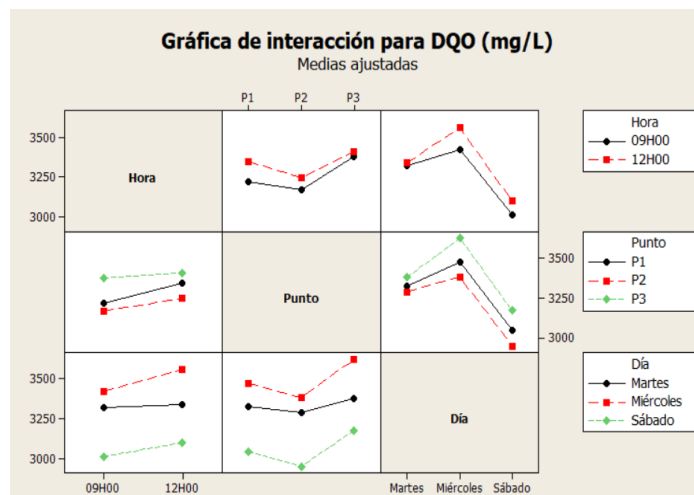


Figura 21

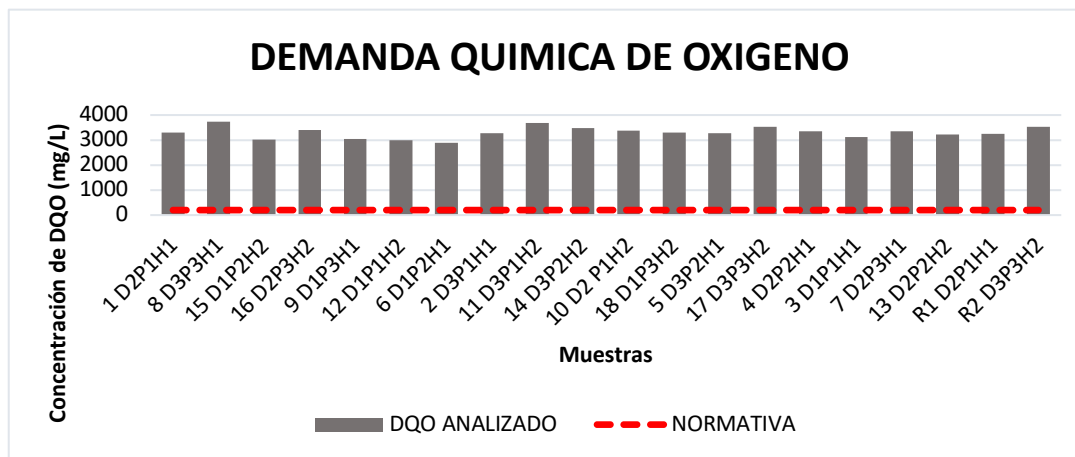
Gráfica de interacción para DQO



En la Fig. 22 se observa la representación gráfica de las 20 muestras, incluida las réplicas analizadas de DQO en comparación con el valor 200 mg/L de acuerdo con la normativa TULSMA, correspondiente a la Tabla 4. Se puede evidenciar claramente que las todas concentraciones obtenidas para este parámetro sobrepasan el límite máximo permisible, lo que indica que es un río con alto nivel de contaminación. Los valores de los análisis obtenidos están en el rango de 2,880.00 mg/L considerado el valor más bajo a 1,494.00 mg/L considerado el valor más alto; correspondientes a las muestras 6 D1P2H1 y 8 D3P3H1.

Figura 22

Resultados de la concentración de DQO en comparación con la normativa de TULSMA



DUREZA TOTAL

El análisis de varianza realizado demostró que sí existen grados de libertad disponibles en los resultados obtenidos en cada una de las muestras analizadas, representados en la Tabla 13. Se rechaza la Hipótesis nula para el factor Día y se acepta la Hipótesis nula para los factores Hora, Punto, todas las interacciones dobles y la interacción triple, pues estos valores son mayores al nivel de significancia ($\alpha=0.05$). Se deduce que si existen fuentes de variabilidad en los resultados de concentración de Dureza total.

Tabla 13

Análisis de varianza para Dureza total

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Hora	1	952	692	692	0.35	0.613

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Punto	2	2,972.00	2,075.00	1,037.00	0.53	0.654
Día	2	238,223.00	234,082.00	117,041.00	59.71	0.016
Hora*Punto	2	1,442.00	1,491.00	746	0.38	0.724
Hora*Día	2	1,826.00	1,819.00	910	0.46	0.683
Punto*Día	4	2,160.00	2,428.00	607	0.31	0.854
Hora*Punto*Día	4	733	733	183	0.09	0.975
Error	2	3,921.00	3,921.00	1,960.00		
Total	19	252,230.00				

En el análisis de la estadística básica de la concentración de Dureza total representada en la Fig. 23, la media de la concentración de Dureza total es 911.9 mg/L, con un coeficiente de variación de 12,63 mg/L, la desviación estándar es 115.2 mg/L y la mediana 965 mg/L. La mayoría de los resultados están entre 754.5 mg/L y 1007.5 mg/L, valores de los cuartiles 1 y 3 respectivamente. Sin embargo, algunas muestras presentan valores bajos de concentración como 733 mg/L y altos como 1,020.00 mg/L. En la Fig. 24 se observan valores atípicos de la concentración de Dureza total. Se deduce que no existe un buen ajuste de los datos a la recta normal, por lo tanto, no existe normalidad y tampoco cumple el supuesto de varianza constante, sin embargo, si existe dispersión entre los datos por lo que se cumple la independencia de residuos.

Figura 23

Gráfica de caja de Dureza total

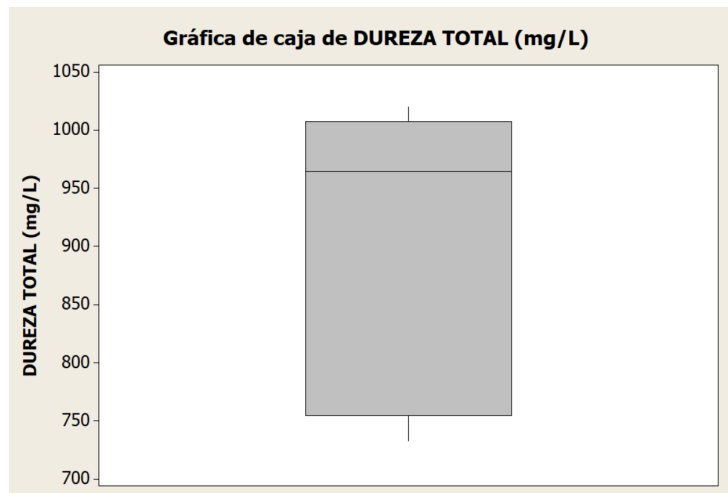
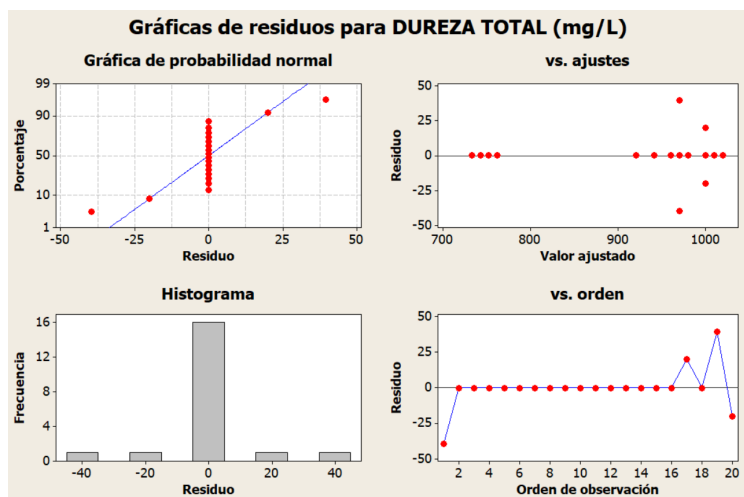


Figura 24

Gráfica de residuos para Dureza total



En la Tabla 14. y en la Fig. 25 se compara las diferencias entre las medias para los factores Hora, Punto y Día. Los factores Hora y Punto tienen medias iguales, mientras que el factor Día no tiene medias iguales para Sábado. En la Fig. 26 se interpreta cómo actúan cada uno de los factores sobre la variable de respuesta, deduciendo que las interacciones dobles no son fuente de variabilidad.

Tabla 14

Método de Tukey del factor Hora, Punto, Día para Dureza total

Factores	Método de Tukey con nivel de confianza del 95%		
	N	Media	Agrupación
Hora			
12 pm	10	909.8	A
9 am	10	897.7	A
Punto			
P3	7	917.5	A
P2	6	901.0	A
P1	7	892.8	A
Día			
Martes	7	998.4	A
Miércoles	7	967.0	A
Sábado	6	745.8	B

Figura 25

Gráfica de efectos principales para Dureza total

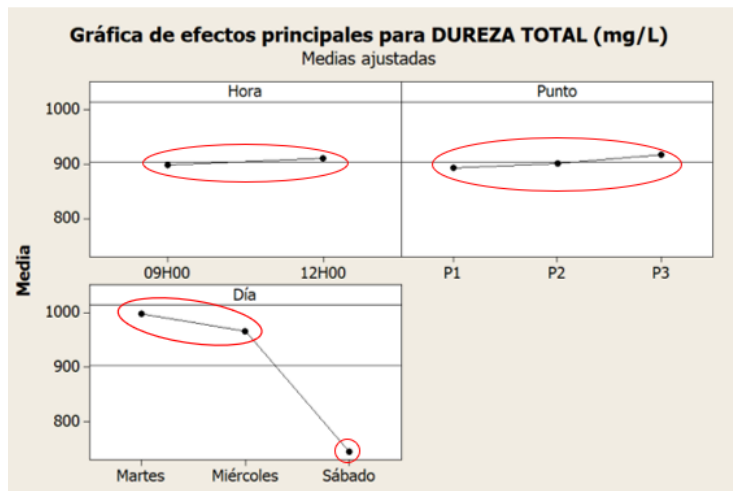
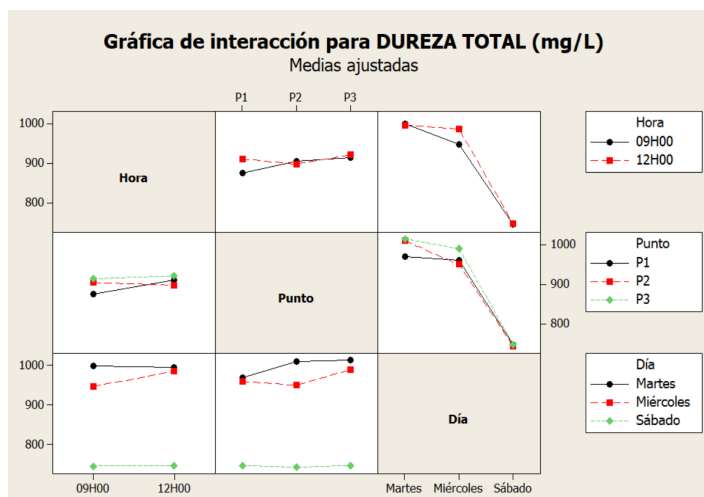


Figura 26

Gráfica de interacción para Dureza total

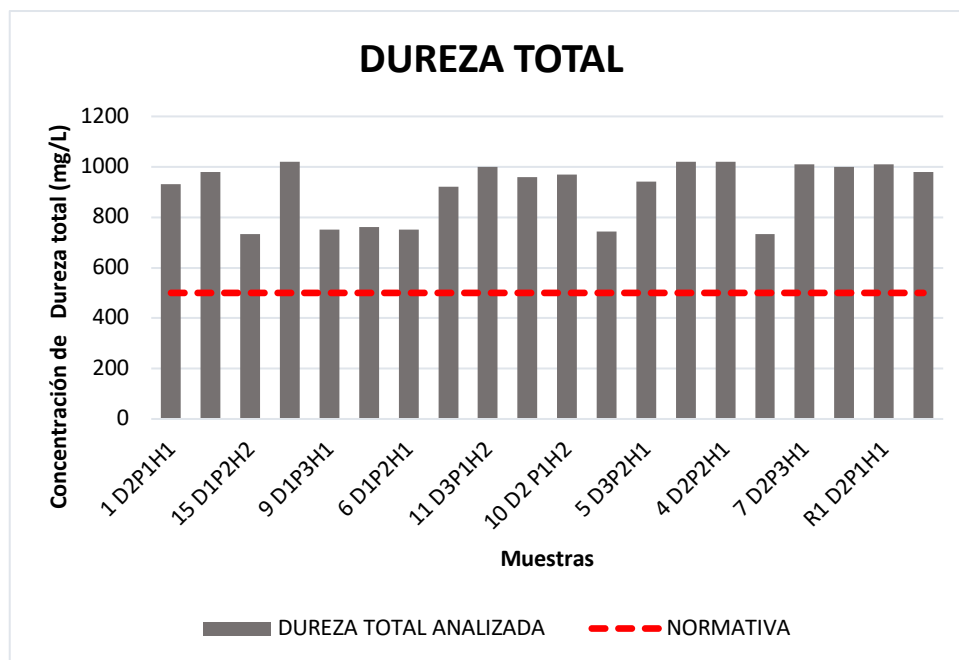


En la Fig. 27 se observa la representación gráfica de las 20 muestras, incluida las réplicas analizadas de Dureza total en comparación con el valor 500 mg/L de acuerdo

con la Norma TULSMA, correspondiente a la Tabla 4. Se puede evidenciar claramente que las todas concentraciones obtenidas para este parámetro sobrepasan el límite máximo permisible. Los valores de los análisis obtenidos están en el rango de 733 mg/L considerado el valor más bajo correspondiente a las muestras 15 D1P2H2 y 1020mg/L considerado el valor más alto que corresponde al 15 % de muestras totales analizadas.

Figura 27

Resultados de la concentración de Dureza total en comparación con la normativa de TULSMA



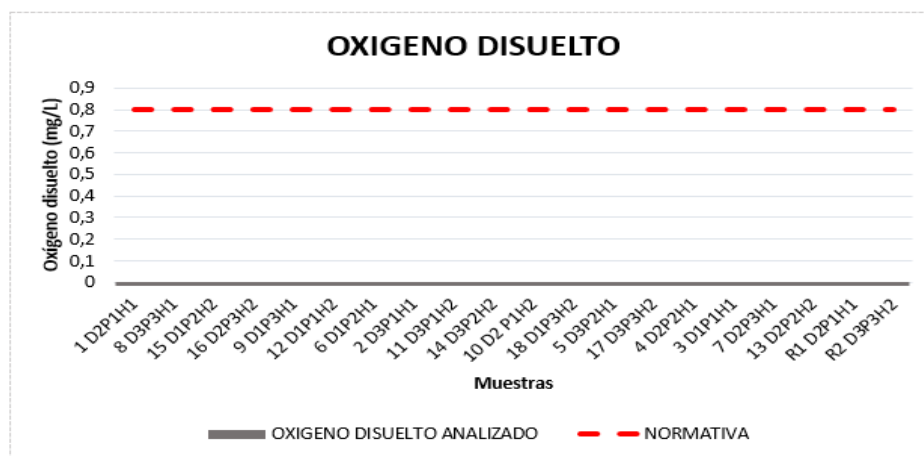
OXIGENO DISUELTO

La cantidad de Oxígeno disuelto analizado en las 20 muestras incluida las réplicas, representado en la Fig. 28 demuestran que el nivel de oxígeno en todos los análisis fue

0, valor que no se encuentra ni cerca del límite máximo permisible que es 0.8 mg/L dispuesto acuerdo con la normativa TULSMA, correspondiente a la Tabla 4.

Figura 28

Resultados de la concentración de Oxígeno disuelto en comparación con la normativa de TULSMA

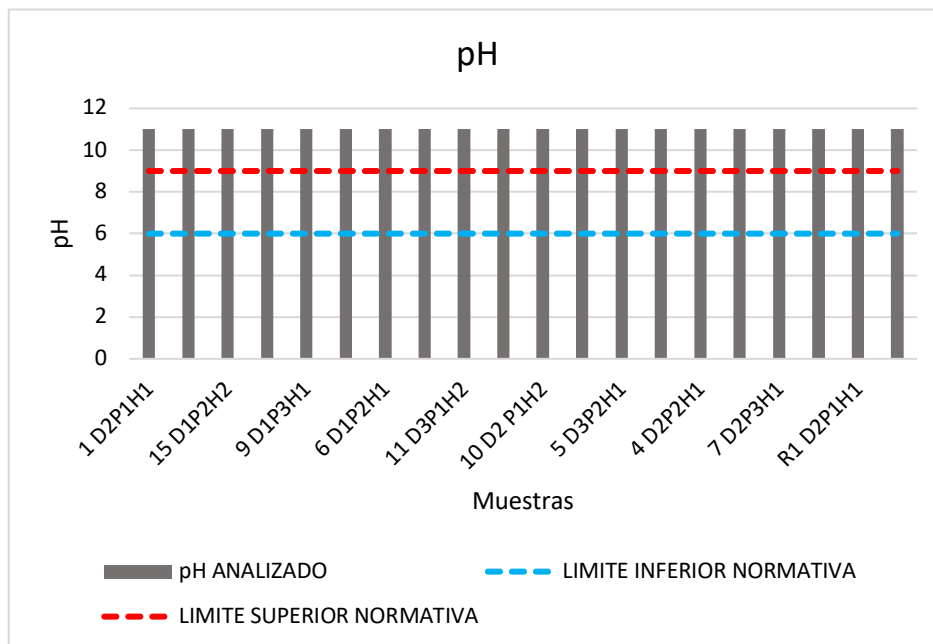


pH

En la Fig. 29 se observa la representación gráfica del pH de las 20 muestras, incluida las réplicas analizadas en comparación con el rango de valores de 6 a 9 de acuerdo con la normativa TULSMA, correspondiente a la Tabla 4. Se puede evidenciar claramente que todas las muestras sobrepasan el límite máximo permisible. Todos los valores de los análisis obtenidos fueron constantes a un valor de 11 para pH, es decir de carácter básico.

Figura 29

Resultados de la concentración de pH en comparación con la normativa de TULSMA



SOLIDOS TOTALES

El análisis de varianza realizado demostró que sí existen grados de libertad disponibles en los resultados obtenidos en cada una de las muestras analizadas, representados en la Tabla 15. Se acepta la Hipótesis nula para los factores Hora y Punto, las interacciones dobles Hora*Punto y Punto*Día; y la interacción triple Hora*Punto*Día. Se rechaza la Hipótesis nula para el factor Día y la interacción doble Hora*Día., pues estos valores son menores al nivel de significancia ($\alpha=0.05$). Se deduce que si existen fuentes de variabilidad en los resultados de concentración de Sólidos totales.

Tabla 15*Análisis de varianza para Sólidos totales*

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Hora	1	1,656.00	6,760.00	6,760.00	5.90	0.136
Punto	2	9,155.00	5,372.00	2,686.00	2.35	0.299
Día	2	15,509,242.00	15,627,760.00	7 813,880.00	6824.35	0.000
Hora*Punto	2	12,973.00	1,552.00	776	0.68	0.596
Hora*Día	2	557,440.00	537,924.00	268,962.00	234.90	0.004
Punto*Día	4	9,942.00	9,186.00	2,297.00	2.01	0.359
Hora*Punto*Día	4	3,769.00	3,769.00	942	0.82	0.613
Error	2	2,290.00	2,290.00	1,145.00		
Total	19	16,106,468.00				

En el análisis de la estadística básica de la concentración de Sólidos totales representada en la Fig. 30, la media de la concentración de Sólidos totales es 9,249.00 mg/L, con un coeficiente de variación de 9.95 mg/L, la desviación estándar es 921 mg/L y la mediana 9,686.00 mg/L. La mayoría de los resultados están entre 8057 mg/L y 10,003.00 mg/L, valores de los cuartiles 1 y 3 respectivamente. Sin embargo, algunas muestras presentan valores bajos de concentración como 7,692.00 mg/L y altos como 10,082.00 mg/L. En la Fig. 31 se observan valores atípicos de la concentración de Dureza total. Se deduce que no existe un buen ajuste de los datos a la recta normal, por lo tanto, no existe normalidad y tampoco cumple el supuesto de varianza constante, sin embargo, si existe dispersión entre los datos por lo que se cumple la independencia de residuos.

Figura 30

Gráfica de caja de Sólidos totales

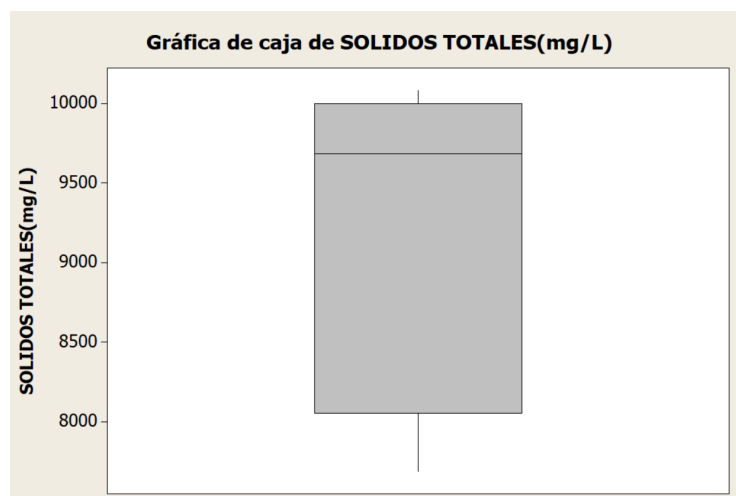
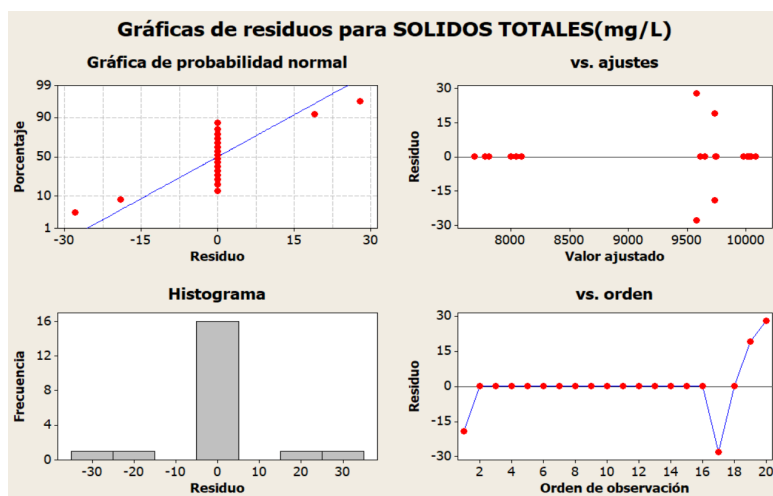


Figura 31

Gráficas de residuos para Sólidos totales



En la Tabla 16 y en la Fig. 32 se compara las diferencias entre las medias para los factores Hora, Punto y Día. Los factores Hora y Punto tienen medias iguales, mientras que el factor Día no tiene medias iguales para Sábado. En la Fig. 33 se interpreta cómo actúan cada uno de los factores sobre la variable de respuesta, deduciendo que las interacciones dobles no son fuente de variabilidad.

Tabla 16

Método de Tukey del factor Hora, Punto, Día para Sólidos totales

Factores	Método de Tukey con nivel de confianza del 95%		
	N	Media	Agrupación
Hora			
12 pm	10	9,222.00	A
9 am	10	9,185.00	A
Punto			
P3	7	9,216.00	A
P2	6	9,214.00	A
P1	7	9,186.00	A
Día			
Martes	7	9,874.00	A
Miércoles	7	9,832.00	A
Sábado	6	7,904.00	B

Figura 32

Gráfica de efectos principales para Sólidos totales

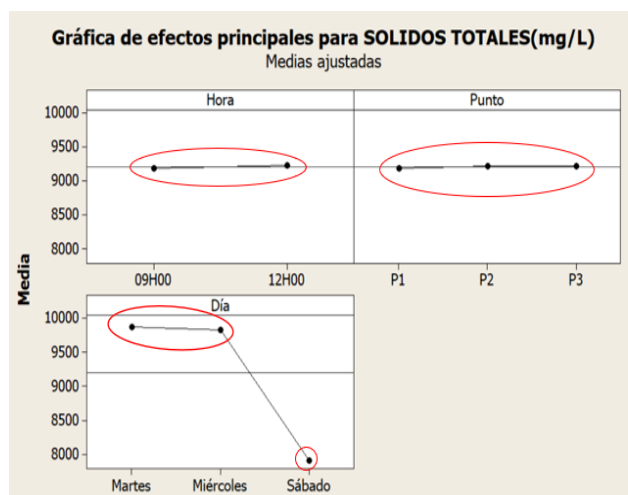
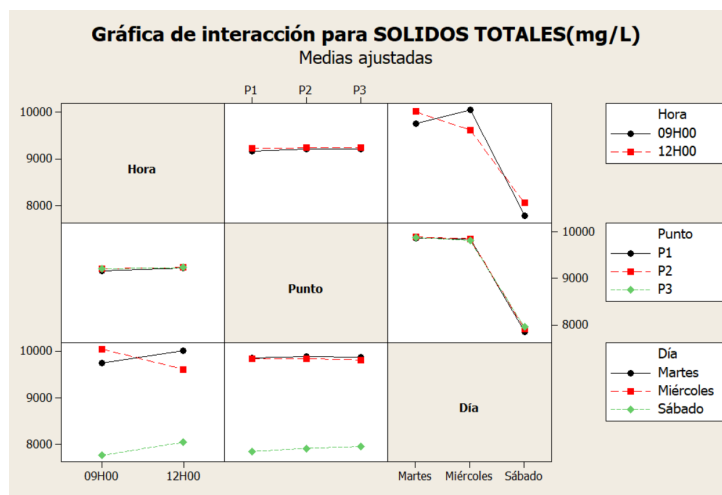


Figura 33

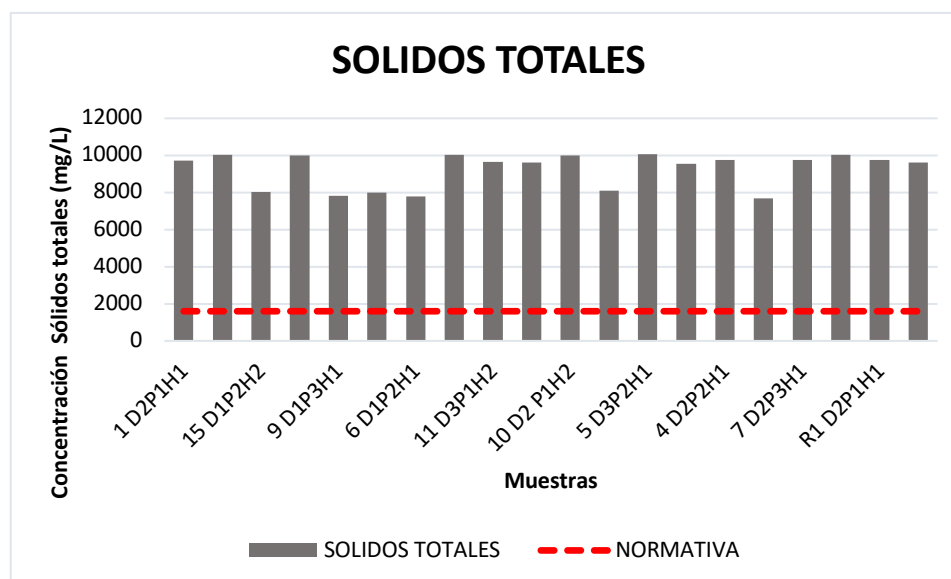
Gráfica de interacción para Sólidos totales



En la Fig. 34 se observa la representación gráfica de las 20 muestras, incluida las réplicas analizadas de Sólidos totales en comparación con el valor 1,600.00 mg/L de acuerdo con la normativa TULSMA, correspondiente a la Tabla 4. Se puede evidenciar claramente que todas las concentraciones obtenidas para este parámetro sobrepasan el límite máximo permisible. Los valores de los análisis obtenidos están en el rango de 7,692.00 mg/L considerado el valor más bajo a 10,082.00 mg/L considerado el valor más alto; correspondientes a las muestras 3 D1P1H1 y 5 D3P2H1.

Figura 34

Resultados de la concentración de Sólidos totales en comparación con la normativa de TULSMA



SULFATOS

El análisis de varianza realizado demostró que sí existen grados de libertad disponibles en los resultados obtenidos, representados en la Tabla 17. Se aceptan las

Hipótesis nulas para todos los factores, incluidas las interacciones dobles y triple, pues estos valores son mayores al nivel de significancia ($\alpha=0.05$). Se deduce que no existen fuentes de variabilidad en los resultados de concentración de Sulfatos.

Tabla 17

Análisis de varianza para Sulfatos

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Hora	1	151	194	194	0.07	0.812
Punto	2	405	100	50	0.02	0.981
Día	2	57,669.00	56,079.00	28,040.00	10.56	0.087
Hora*Punto	2	4,320.00	4,442.00	2,221.00	0.84	0.545
Hora*Día	2	9,842.00	10,129.00	5,064.00	1.91	0.344
Punto*Día	4	1,299.00	1,213.00	303	0.11	0.965
Hora*Punto*Día	4	2,424.00	2,424.00	606	0.23	0.902
Error	2	5,313.00	5,313.00	2,656.00		
Total	19	81,424.00				

En el análisis de la estadística básica de la concentración de Sulfatos representada en la Fig. 35, la media de la concentración de Sulfatos es 1055.3 mg/L, con un coeficiente de variación de 6.2 mg/L, la desviación estándar es 65.5 mg/L y la mediana 1,045.00 mg/L. La mayoría de los resultados están entre 1,020.00 mg/L y 1118.8 mg/L, valores de los cuartiles 1 y 3 respectivamente. Sin embargo, algunas muestras presentan valores bajos de concentración como 950 mg/L y altos como 1,175.00 mg/L. En la Fig. 36 se observan valores atípicos de los resultados de la concentración de

Sulfuros. Se deduce que no existe un buen ajuste de los datos a la recta normal, por lo tanto, no existe normalidad. Si cumple el supuesto de varianza constante y si existe dispersión entre los datos por lo que se cumple la independencia de residuos.

Figura 35

Gráfica de caja de Sulfatos

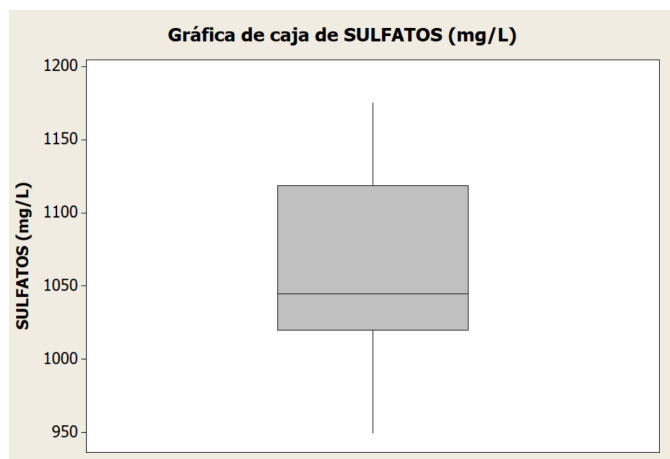
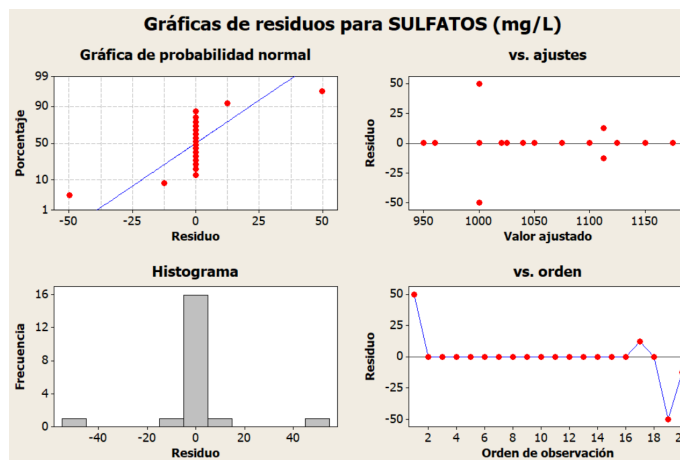


Figura 36

Gráficas de residuos para Sulfatos



En la Tabla 18. y en la Fig. 37 se compara las diferencias entre las medias para los factores Hora, Punto y Día. Los factores Hora, Punto y Día tiene medias iguales. En la Fig. 38 se interpreta cómo actúan cada uno de los factores sobre la variable de respuesta, deduciendo que las interacciones dobles no son fuente de variabilidad.

Tabla 18

Método de Tukey del factor Hora, Punto, Día para Sulfatos

Factores	Método de Tukey con nivel de confianza del 95%		
Hora	N	Media	Agrupación
9 am	10	1,058.00	A
12 pm	10	1,052.00	A
Punto	N	Media	Agrupación
P1	7	1,058.00	A
P2	6	1,056.00	A
P3	7	1,052.00	A
Día	N	Media	Agrupación
Martes	7	1,131.00	A
Miércoles	7	1,021.00	A
Sábado	6	1,012.00	A

Figura 37

Gráfica de efectos principales para Sulfatos

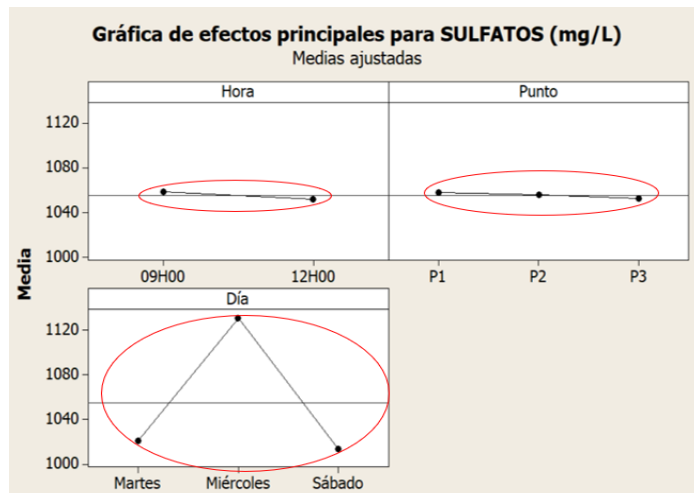
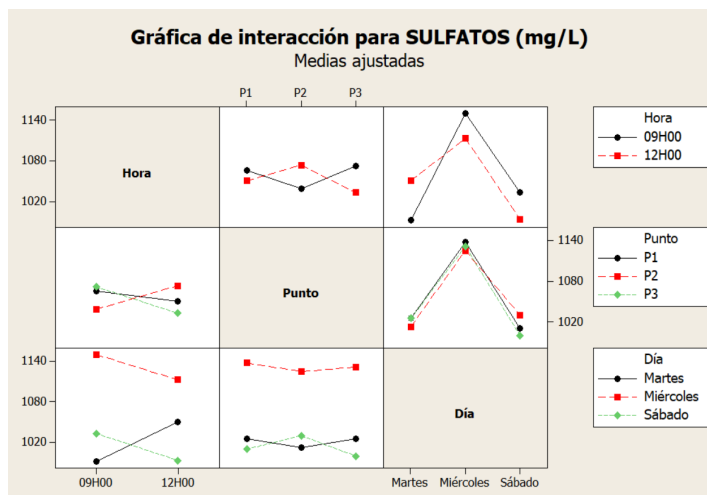


Figura 38

Gráfica de interacción para Sulfatos

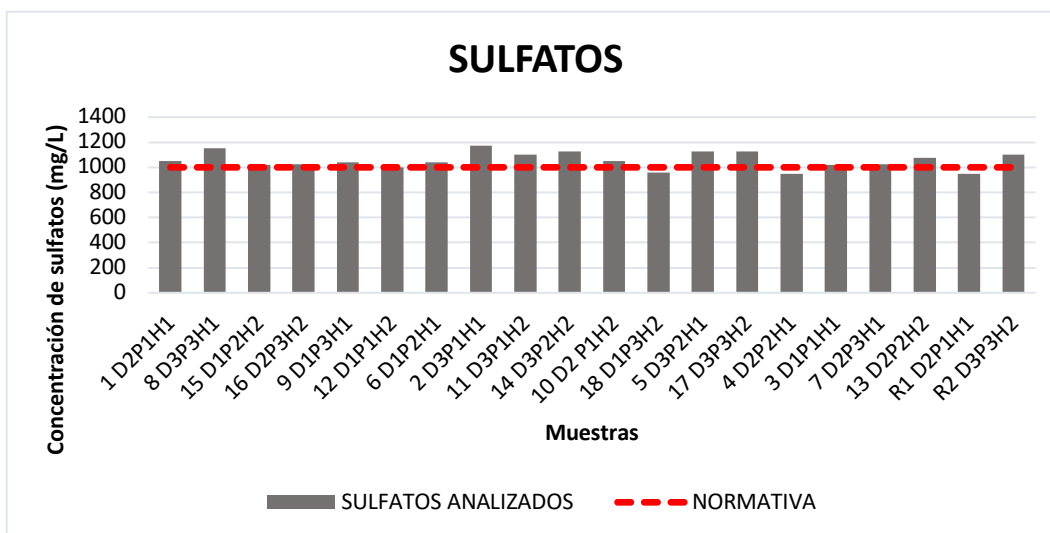


En la Fig. 39 se observa la representación gráfica de las 20 muestras, incluida las réplicas analizadas de Sulfatos en comparación con el valor 1,000.00 mg/L de acuerdo

con la normativa TULSMA, correspondiente a la Tabla 4. Se puede evidenciar claramente que la mayoría de las concentraciones obtenidas para este parámetro sobrepasan el límite máximo permisible y solo el 15 % de las muestras analizadas se encuentra bajo el límite. Los valores de los análisis obtenidos están en el rango de 950 mg/L considerado el valor más bajo a 1,175.00 mg/L considerado el valor más alto.

Figura 39

Resultados de la concentración de Sulfatos en comparación con la normativa de TULSMA



SULFUROS

El análisis de varianza realizado demostró que sí existen grados de libertad disponibles en los resultados obtenidos, representados en la Tabla 19. Se aceptan las Hipótesis nulas para todos los factores, incluidas las interacciones dobles y triple, pues estos valores son mayores al nivel de significancia ($\alpha=0.05$). Se deduce que no existen fuentes de variabilidad en los resultados de concentración de Sulfuros.

Tabla 19*Análisis de varianza para Sulfuros*

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Hora	1	0.00	0.72	0.72	0.01	0.921
Punto	2	821.60	686.31	343.15	5.99	0.143
Día	2	290.12	243.07	121.53	2.12	0.320
Hora*Punto	2	96.38	80.32	40.16	0.70	0.588
Hora*Día	2	122.54	123.07	61.53	1.07	0.482
Punto*Día	4	779.98	860.20	215.05	3.76	0.221
Hora*Punto*Día	4	256.09	256.09	64.02	1.12	0.522
Error	2	114.50	114.50	57.25		
Total	19	2481.20				

El análisis de la estadística básica de la concentración de Sulfuros representada en la Fig. 40 muestra que la media de la concentración de sulfuros es 183.3mg/L, el coeficiente de variación es de 6.61 mg/L, la desviación estándar es 0.461 mg/L y la mediana 185.50 mg/L. La mayoría de los resultados de concentración de las muestras están entre 175, 25 mg/L y 191,5 mg/L; sin embargo, algunas muestras presentan valores de concentración bajos como 160 y altos como 200. En la Fig. 41 se observan valores atípicos de los resultados de la concentración de Sulfuros. Se deduce que no existe un buen ajuste de los datos a la recta normal, por lo tanto, no existe normalidad y tampoco cumple el supuesto de varianza constante, sin embargo, si existe dispersión entre los datos por lo que se cumple la independencia de residuos.

Figura 40

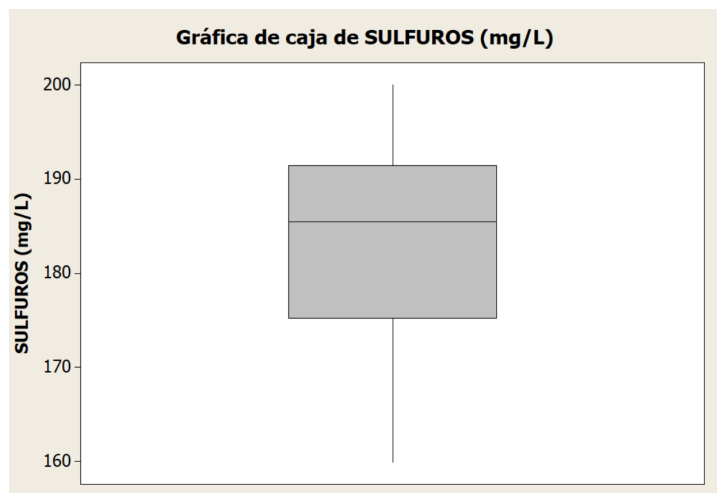
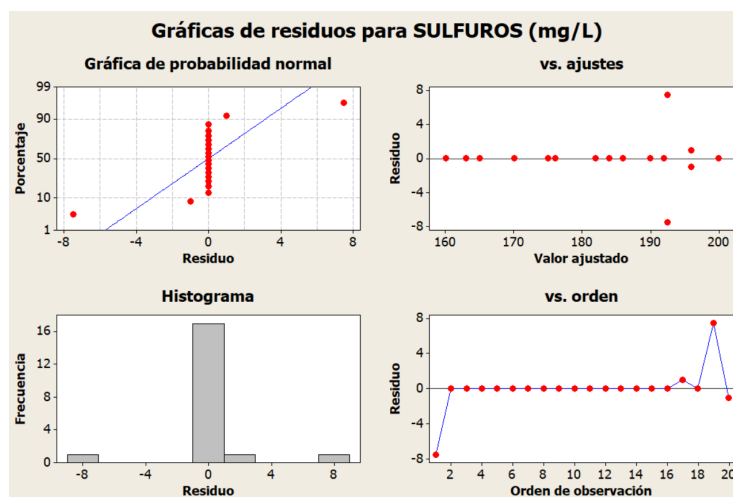
Gráfica de caja de Sulfuros

Figura 41

Gráfica de residuos para Sulfuros

En las Tabla 20. y en la Fig.42 se compara las diferencias entre las medias para los factores Hora, Punto y Día. El factor Hora tiene medias iguales, en el factor Punto P2 es el nivel más bajo en relación con P1 y P3. En el factor Día, Sábado es menor en relación con martes y miércoles. En la Fig. 43 se interpreta cómo actúan cada uno de los factores sobre la variable de respuesta, deduciendo que las interacciones dobles no son fuente de variabilidad.

Tabla 20

Método de Tukey del factor Hora, Punto, Día para Sulfuros

Factores	Método de Tukey con nivel de confianza del 95%		
	N	Media	Agrupación
Hora			
9 am	10	182.8	A
12 pm	10	182.4	A
Punto			
P3	7	188.2	A
P1	7	185.6	A
P2	6	174.2	A
Día			
Miércoles	7	186.2	A
Martes	7	184.1	A
Sábado	6	177.7	A

Figura 42

Gráfica de Efectos principales para Sulfuros

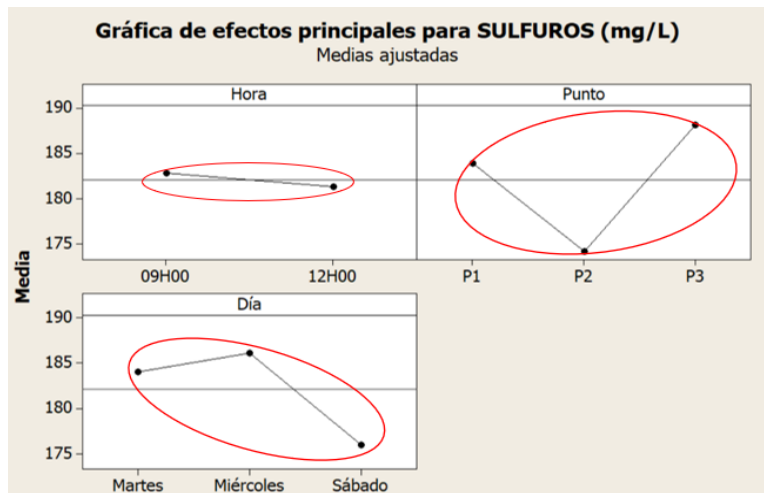
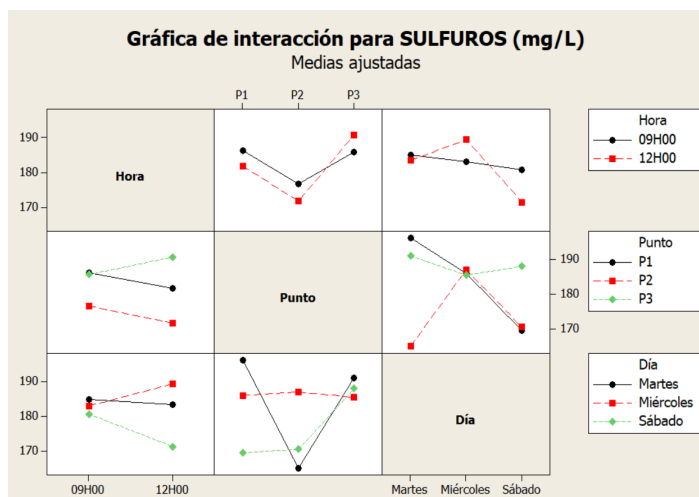


Figura 43

Gráfica de interacción para Sulfuros

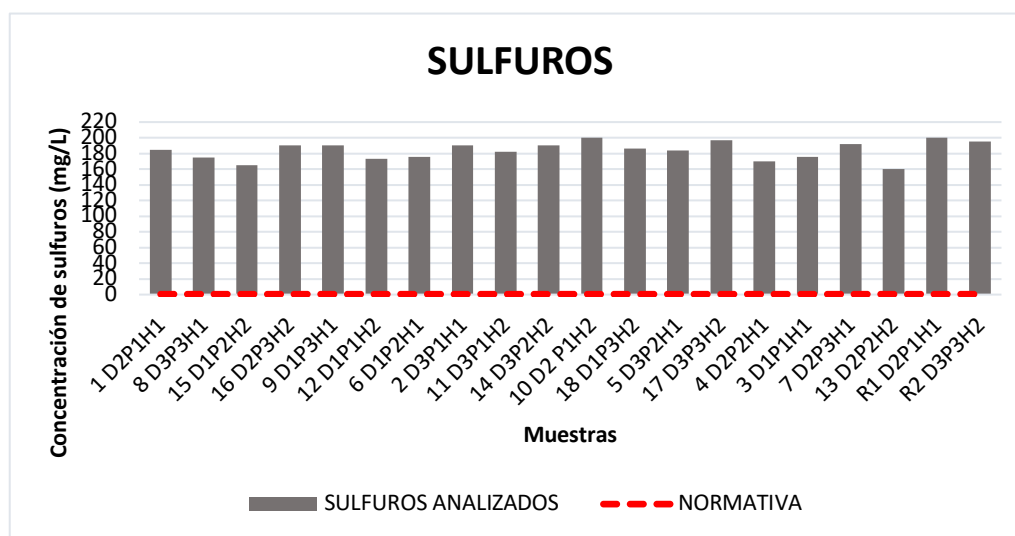


En la Fig. 44 se observa la representación gráfica de las 20 muestras, incluida las réplicas analizadas de Sulfuros en comparación con el valor 0.5 mg/L de acuerdo con la

normativa TULSMA, correspondiente a la Tabla 4. Se puede evidenciar claramente que todas las concentraciones obtenidas para este parámetro sobrepasan el límite máximo permisible. Los valores de los análisis obtenidos están en el rango de 160 mg/L considerado el valor más bajo a 200 mg/L considerado el valor más alto, el cual corresponde al 10 % del total de muestras analizadas.

Figura 44

Resultados de la concentración de Sulfuros en comparación con la normativa de TULSMA



TEMPERATURA

El análisis de varianza realizado demostró que sí existen grados de libertad disponibles en los resultados obtenidos, representados en la Tabla 21. Se aceptan la Hipótesis nula para el factor Punto, para todas las interacciones dobles Hora*Punto, Hora*Día, Punto*Día y la interacción triple Hora*Punto*Día, pues estos valores son mayores al nivel de significancia ($\alpha=0.05$). Se rechaza la Hipótesis nula para los

factores Hora y Día. Se deduce que si existen fuentes de variabilidad en los resultados de concentración de Temperatura.

Tabla 21

Análisis de varianza para Temperatura

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Hora	1	9.9405	7.3788	7.3788	113.52	0.009
Punto	2	1.6025	2.2731	1.1366	17.49	0.054
Día	2	9.8579	8.6462	4.3231	66.51	0.015
Hora*Punto	2	0.9282	0.9530	0.4765	7.33	0.120
Hora*Día	2	0.5138	0.4239	0.2119	3.26	0.235
Punto*Día	4	0.2537	0.3428	0.0857	1.32	0.474
Hora*Punto*Día	4	1.5990	1.5990	0.3997	6.15	0.145
Error	2	0.1300	0.1300	0.0650		
Total	19	24.8255				

En el análisis de la estadística básica de la concentración de Temperatura representada en la Fig. 45 la media de la concentración de Temperatura es 18.665 °C, con un coeficiente de variación de 6.12 °C, la desviación estándar es 1.143 °C y la mediana 18.35 °C. La mayoría de los resultados están entre 17.725 °C y 19.625 °C, valores de los cuartiles 1 y 3 respectivamente. Sin embargo, algunas muestras presentan valores bajos de concentración como 16.8 °C y altos como 20.8 °C. En la Fig. 46 se observan valores atípicos de los resultados de la concentración de Temperatura. Se deduce que no existe un buen ajuste de los datos a la recta normal, por lo tanto, no

existe normalidad. Si cumple el supuesto de varianza constante y si existe dispersión entre los datos por lo que se cumple la independencia de residuos.

Figura 45

Gráfica de caja para Temperatura

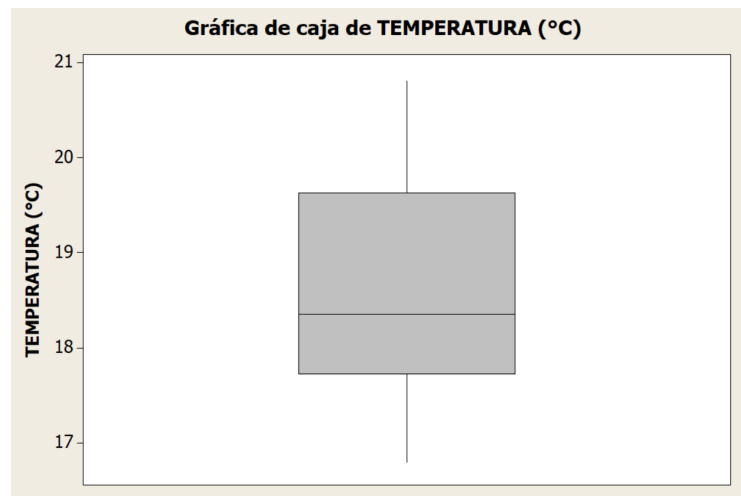
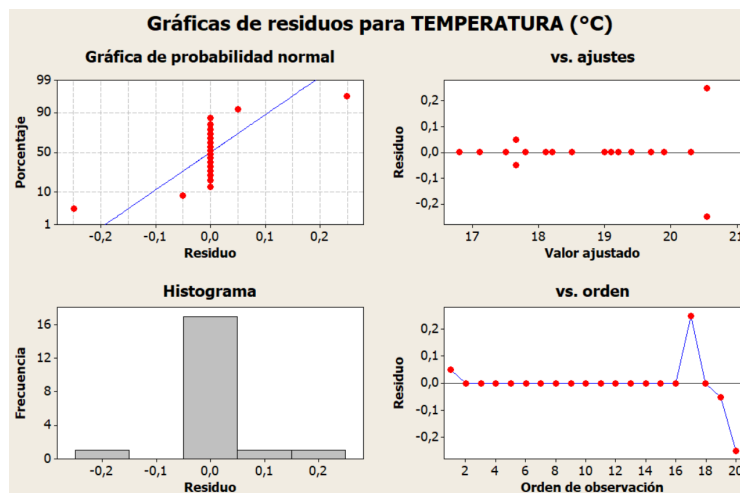


Figura 46

Gráficas de residuos para Temperatura



En la Tabla 22. y en la Fig. 47 se compara las diferencias entre las medias para los factores Hora, Punto y Día. El factor Hora no presenta medias iguales en sus niveles, el factor Punto presenta medias iguales en sus niveles y el factor Día no presenta medias iguales en sus niveles para Miércoles. En la Fig. 48 se interpreta cómo actúan cada uno de los factores sobre la variable de respuesta, deduciendo que las interacciones dobles no son fuente de variabilidad.

Tabla 22

Método de Tukey del factor Hora, Punto, Día para Temperatura

Factores	Método de Tukey con nivel de confianza del 95%		
	N	Media	Agrupación
Hora			
12 pm	10	19.24	A

Factores	Método de Tukey con nivel de confianza del 95%		
9 am	10	17.99	B
Punto	N	Media	Agrupación
P1	7	19.09	A
P3	7	18.48	A
P2	6	18.28	A
Día	N	Media	Agrupación
Miércoles	7	19.47	A
Sábado	6	18.52	B
Martes	7	17.86	B

Figura 47

Gráfica de efectos principales para Temperatura

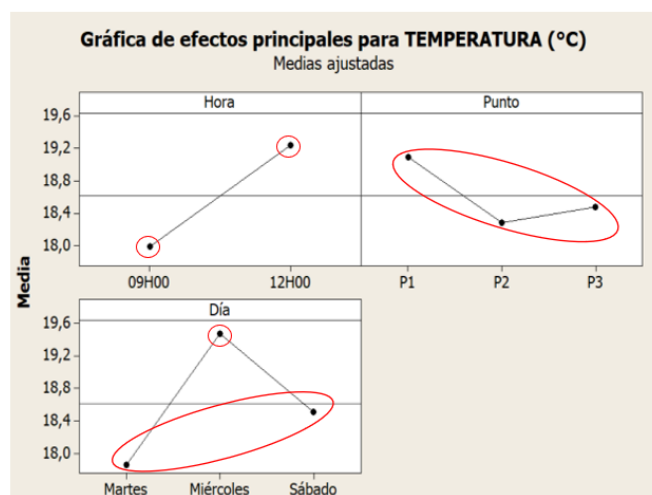
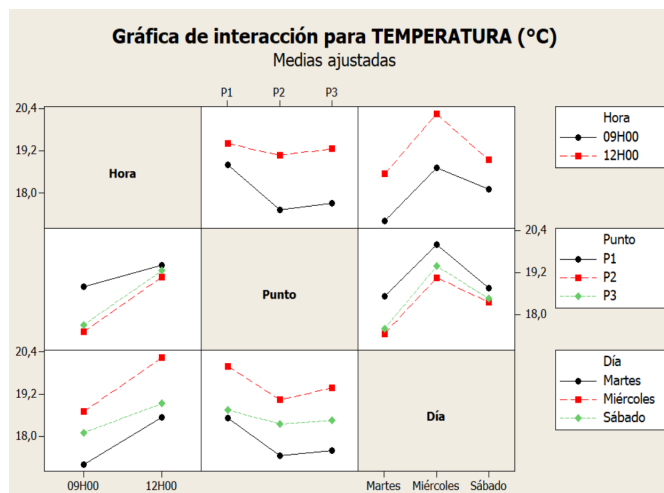


Figura 48

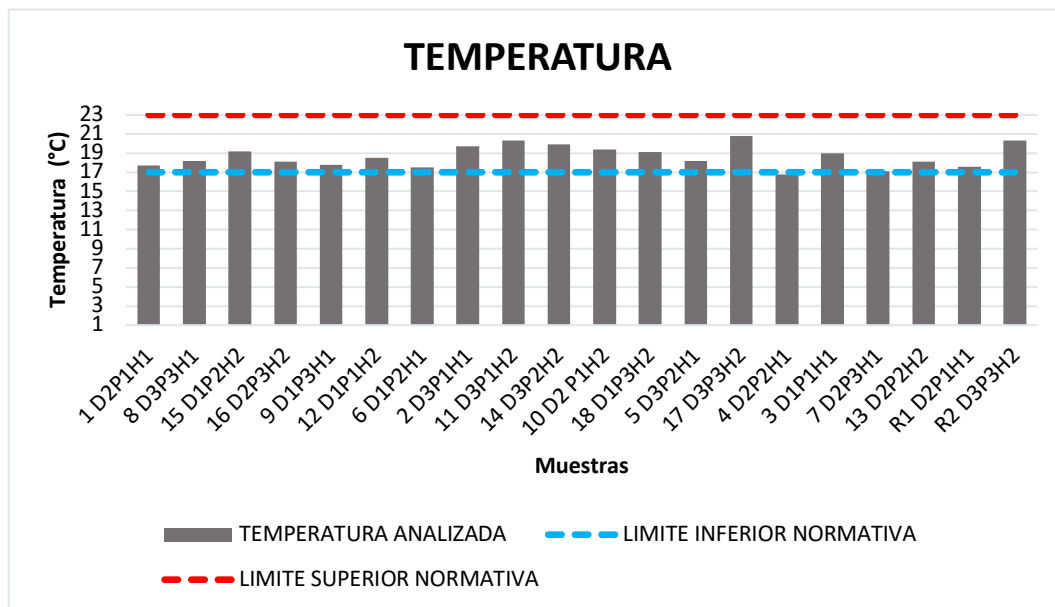
Gráfica de interacción para Temperatura



En la Fig. 49 se observa la representación gráfica de las 20 muestras, incluida las réplicas analizadas de Temperatura en comparación con el rango de valores de 17 a 23 °C de acuerdo con la normativa TULSMA, correspondiente a la Tabla 4. Se puede evidenciar claramente que solo el 5 % de los valores obtenidos para este parámetro se encuentran bajo el límite máximo permisible. Los valores de los análisis obtenidos están en el rango de 16.8 °C considerado el valor más bajo a 20.8 °C considerado el valor más alto; correspondientes a las muestras 4 D2P2H1 y 17 D3P3H2.

Figura 49

Resultados de la Temperatura en comparación con la normativa de TULSMA



TENSOACTIVOS

El análisis de varianza realizado demostró que sí existen grados de libertad disponibles en los resultados obtenidos, representados en la Tabla 23. Se aceptan la Hipótesis nula para la interacción doble Hora*Día y la interacción triple Hora*Punto*Día. Se rechaza la Hipótesis nula para los factores Hora, Punto y Día, y para las interacciones dobles Hora*Punto y Punto*Día, pues estos valores son menores al nivel de significancia ($\alpha=0.05$). Se deduce que si existen fuentes de variabilidad en los resultados de concentración de Tensoactivos.

Tabla 23*Análisis de varianza para Tensoactivos*

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Hora	1	2.8880	2.6801	2.6801	63.06	0.015
Punto	2	15.2430	14.1558	7.0779	166.54	0.006
Día	2	7.8630	8.5242	4.2621	100.28	0.010
Hora*Punto	2	9.6603	10.4712	5.2356	123.19	0.008
Hora*Día	2	0.3626	0.6858	0.3429	8.07	0.110
Punto*Día	4	18.9766	18.5592	4.6398	109.17	0.009
Hora*Punto*Día	4	3.2115	3.2115	0.8029	18.89	0.051
Error	2	0.0850	0.0850	0.0425		
Total	19	58.2900				

En el análisis de la estadística básica de la concentración de Tensoactivos representada en la Fig. 50, la media de la concentración de Tensoactivos es 6.450 mg/L, con un coeficiente de variación de 27.16 mg/L, la desviación estándar es 1.752 mg/L y la mediana 6.1 mg/L. La mayoría de los resultados están entre 5.125 mg/L y 7.325 mg/L, valores de los cuartiles 1 y 3 respectivamente. Sin embargo, algunas muestras presentan valores bajos de concentración como 4.3 mg/L y altos como 12.1 mg/L. En la Fig. 51 se observan valores atípicos de los resultados de la concentración de Tensoactivos. Se deduce que no existe un buen ajuste de los datos a la recta normal, por lo tanto, no existe normalidad. Si cumple el supuesto de varianza constante y si existe dispersión entre los datos por lo que se cumple la independencia de residuos.

Figura 50

Gráfica de caja para Tensoactivos

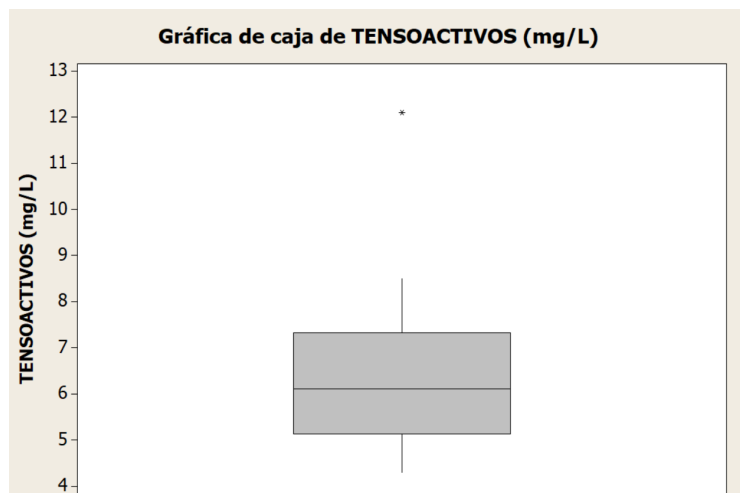
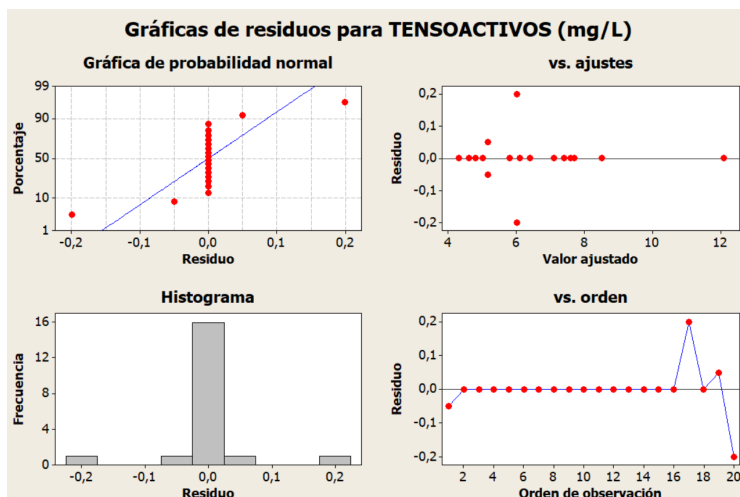


Figura 51

Gráfica de residuos para Tensoactivos



En la Tabla 24. y en la Fig. 52 se compara las diferencias entre las medias para los factores Hora, Punto y Día. El factor Hora no presenta medias iguales en sus niveles, el

factor Punto no presenta medias iguales para P2 y el factor Día no presenta medias iguales en sus niveles para Martes. En la Fig. 53 se interpreta cómo actúan cada uno de los factores sobre la variable de respuesta, deduciendo que las interacciones dobles no son fuente de variabilidad.

Tabla 24

Método de Tukey del factor Hora, Punto, Día para Tensoactivos

Factores	Método de Tukey con nivel de confianza del 95%		
	N	Media	Agrupación
Hora			
12 pm	10	6.922	A
9 am	10	6.172	B
Punto			
P2	6	7.783	A
P1	7	5.958	B
P3	7	5.900	B
Día			
Sábado	6	7.183	A
Miércoles	7	6.833	A
Martes	7	5.625	B

Figura 52

Gráfica de efectos principales para Tensoactivos

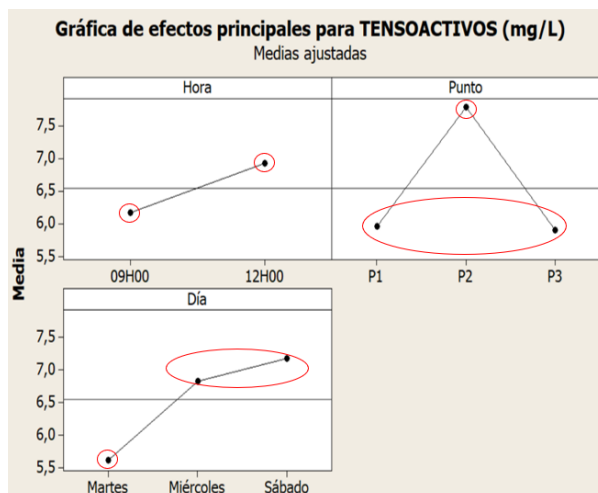
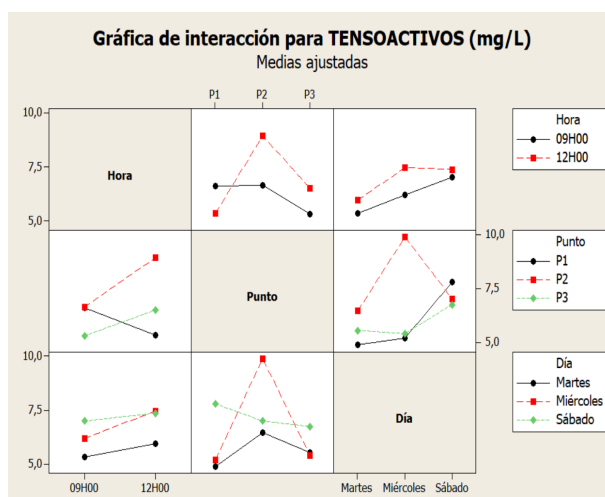


Figura 53

Gráfica de interacción para Tensoactivos

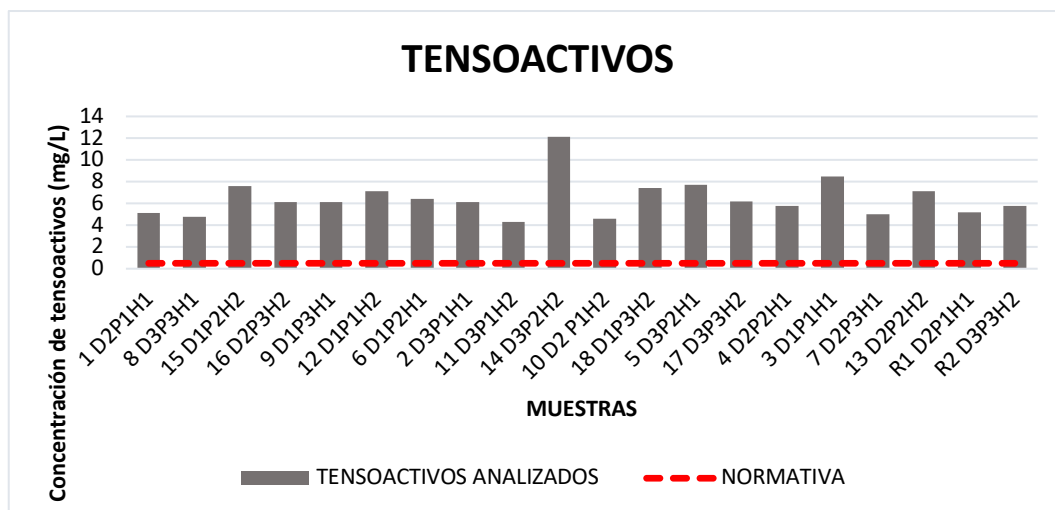


En la Fig. 54 se observa la representación gráfica de las 20 muestras, incluida las réplicas analizadas de Tensoactivos en comparación con el valor 0.5 mg/L de acuerdo

con la normativa TULSMA, correspondiente a la Tabla 4. Se puede evidenciar claramente que todas las concentraciones obtenidas para este parámetro sobrepasan el límite máximo permisible. Los valores de los análisis obtenidos están en el rango de 4.3 mg/L considerado el valor más bajo a 12.1 mg/L considerado el valor más alto; correspondientes a las muestras 11 D3P1H2 y 14 D3P2H2.

Figura 54

Resultados de la concentración de Tensoactivos en comparación con la normativa de TULSMA



CAPÍTULO V

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

Se evaluaron las propiedades físico-químicas del agua residual y los elementos contaminantes en la Parroquia San Miguel del Cantón Salcedo potencialmente en riesgo a causa de industrias textiles.

Se determinó el agua residual proveniente de una curtiembre, como la zona potencial para el estudio, debido a que la contaminación que genera fue muy elevada.

Reconociendo así que el agua podría verse afectada en la zona. Además, se planteó las propiedades físico-químicas a estudiar de acuerdo con el Código Internacional Industrial Uniforme (CIU), descrito en el Anexo I del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA): Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua.

Se realizó el proceso de obtención de muestras de agua residual, almacenamiento y transporte, de acuerdo con el con el libro "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176:98. Agua: Calidad del agua, muestreo, técnicas de muestreo y la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:98. Agua: Calidad del agua, muestreo, manejo y conservación de muestras.

Los análisis de Aceites y grasas mostraron que es el único parámetro, en el cual todos sus resultados están bajo el límite máximo permisible, de acuerdo a la normativa TULSMA; debido a que los aceites y grasas suelen eliminarse en los residuos sólidos, por lo que su contenido en el agua residual no suele ser muy elevado.

El caudal promedio de la vertiente analizada fue 3.116 L/s. Mientras que el valor promedio del río Cutuchi de 9,640.00 L/s. El río Cutuchi podría no presenta saturación, debido a que la carga contaminante vertida por la curtiembre es baja por lo cual el río no tendría dificultad de absorber y neutralizar los contaminantes.

Los resultados de la cantidad de oxígeno disuelto presente en el agua residual fueron 0 mg/L, lo que indica que es un agua anóxica; es decir, que la oxidación de la materia orgánica presente en el agua es mucho mayor que la cantidad de oxígeno disponible. Con ello se determina que el agua residual es de muy mala calidad, puede causar muchos problemas en la salud al ser consumida. Así mismo, se en el agua de la vertiente no puede existir vida acuática.

En referencia al Anexo I del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del ministerio del Ambiente (TULSMA): Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua; las concentraciones obtenidas de cromo total, DQO, Sulfuros, Sólidos totales, Tensoactivos, Dureza total, y DBO_5 ; sobrepasan el doble o el triple de los límites máximos permisibles lo que podría generar la obstrucción del lugar por donde circula el agua residual, gases tóxicos, mal olor, deterioro de la vida acuática y silvestre.

Solo el 15% de las muestras analizadas cumplen la normativa referente a Sulfatos. La presencia de sulfatos en el agua residual produce mal olor, deteriora tuberías y equipos, disminuyendo su efectividad y tiempo de vida; por su facilidad de incrustarse. Presenta problemas de olor y corrosión de alcantarillas en condiciones anaeróbicas.

Los valores de pH obtenidos fueron constantes e iguales a 11, en todos los puntos de muestreo. Esto indica que el agua residual proveniente de la curtiembre es de carácter básico, lo cual se debe a la presencia de iones bicarbonato, carbonato e hidroxilo.

Los resultados de DBO_5 , Sulfatos y Sulfuros no presentaron diferencias significativas en los factores Hora, Punto y Día de estudio. Sin embargo, los niveles de dispersión de los datos obtenidos para cada uno de estos parámetros, puede ser un indicador de un alto nivel de contaminación.

5.2. Recomendaciones

Es recomendable realizar no solo el análisis de agua residual de la curtiembre, sino conjuntamente el análisis del suelo respectivo. Debido a que el suelo por donde es desechada el agua residual presenta una coloración azul, la cual podría indicar la elevada acumulación del cromo e infertilidad del suelo.

Se debe evitar tomar muestras de agua residual en zonas donde la agitación sea muy grande o el agua se encuentre estancada, para evitar resultados erróneos.

Realizar un pre tratamiento del agua residual de la curtiembre con la finalidad de reducir de la concentración de contaminantes presentes, antes de ser vertidas en el río Cutuchi, cumpliendo con la normativa vigente del país.

Se recomienda dar a conocer a la población que se beneficia del agua del río Cutuchi que circula desde el Cantón San Miguel de Salcedo hacia Ambato, los índices de contaminación que produce la curtiembre. Esta agua no es apta para el consumo

directo, para regar los sembríos, usos domésticos y alimentar a los animales por su alto nivel contaminación.

Se debe realizar análisis médicos de la población aledaña a la industria, para conocer los efectos que los contaminantes presentes en el agua residual generan sobre la salud de los pobladores.

Bibliografía

- APHA, AWWA, & WEF. (2005). Part 3000. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, American Public Health Association.
- APHA, AWWA, & WEF. (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, American Public Health Association (R. Baird, A. Eaton, & E. Rice (eds.); 23RD ed.).
- Barrenechea, A. (2004). Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua. *Tratamiento de agua para consumo humano*.
- Brandão, V. dos S., Matos, A. T. de, Martinez, M. A., & Fontes, M. P. P. (2000). Tratamiento de águas residuárias da suinocultura utilizando-se filtros orgânicos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 4(3), 327-333. Recuperado el 1 abril 2021, de <https://doi.org/10.1590/s1415-43662000000300004>
- Brandi, J., & Wilson-Wilde, L. (2013). Standard Methods. *Encyclopedia of Forensic Sciences: Second Edition*, 522–527. Recuperado el 16 febrero 2021, de <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-382165-2.00237-3>
- Camelino, S. O., Minchiotti, M., Bariles, R., Padilla, R. L., & Colazo, J. (2018). Optimización de un procedimiento para la determinación de oro mediante espectrofotometría UV/Vis. *Matéria*, 23(2).
- Delgadillo, O., Camacho, A., & Serie, M. A. (2010). *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales*. Recuperado el 18 abril 2021, de http://www.infoandina.org/sites/default/files/publication/files/depuracion_de_aguas_residuales_por_medio_de_humedales_artificiales.pdf%5Cnhttp://www.aguasresidu

ales.info/revista/libros/depuracion-de-aguas-residuales-por-medio-de-humedales-artificiales

División de Toxicología y Ciencias de la Salud. (2012). Resumen de Salud Pública. Cromo. *Agencia Para Sustancias Toxicas y El Registro de Enfermedades- RESUMEN DE SALUD PÚBLICA Cromo*, 8. Recuperado el 15 abril 2021, de https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs7.pdf

Gobierno Autónomo Descentralizado de Salcedo. (2021). El Cantón Salcedo. Recuperado el 1 abril 2021, de <https://www.salcedo.gob.ec/informativo/el-canton-salcedo/>

Gomis Yagües, V. (2008). Tema 7. Espectroscopia de emisión y absorción atómica. En *Pharmacognosy Journal* (Vol. 2, Número 13, pp. 561-564). Recuperado el 14 marzo 2021, de [https://doi.org/10.1016/S0975-3575\(10\)80060-4](https://doi.org/10.1016/S0975-3575(10)80060-4)

González, A., & Ramírez, J. (2014). Manual Piragüero Medición de Caudal. In *Programa Integral Red Agua* (Vol. 3).

Global Footprint Network. (2021). *Open Data Platform*. Recuperado 20 de marzo de 2021, de <https://data.footprintnetwork.org/#/>

Gutiérrez Pulido, H., & Vara Salazar, R. D. L. (2004). *Análisis y diseño de experimentos*.

HACH. (2018). *Sulfide, methylene blue method (800ug/L), method 8131*. 1-6

Harvey, D. (2000). *Química analítica moderna* (Vol. 1). McGraw-Hill.

Hendrickson, K., Benjamin, M., Ferguson, J., & Goebel, L. (1984). Removal of Silver and Mercury from Spent COD Test Solutions. *Journal (Water Pollution*

ControlFederation), 56(5), 468-473. Recuperado el 6 abril 2021, de <http://www.jstor.org/stable/25042274>

Lapeña, M. R. (1989). *Tratamiento de aguas industriales: aguas de proceso y residuales* (Vol. 27).

Lecca, E., & Lizama, E. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Journal of the American Chemical Society*, 17(22). Recuperado el 5 abril 2021, de <https://doi.org/10.1021/ja00334a047>

Litter, M. I., Armienta, M. A., & Farías, S. S. (2009). Metodologías analíticas para la determinación y especiación de arsénico en aguas y suelos. *IBEROARSEN, CYTED, Buenos Aires, Argentina*, 242.

Moreno, M. J. C. (2006). *Universidad Technica De Ambato*. INIAP Archivo Historico.

Mott, R. L. (2006). *Mecanica de Fluidos*. Pearson educación.

Martínez Guijarro, M. R. (2020). Análisis Instrumental. Espectrometría de Absorción Atómica (EAA). *Universidad Politécnica de Valencia*, 1-10. Recuperado el 6 abril 2021, de <https://riunet.upv.es:443/handle/10251/138418>

Méndez, R., Vidal, G., Lorber, K., & Márquez, F. (2007). *Producción limpia en la industria de curtiembre*. Universidad de Santiago de Compostela.

Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2012). *Estudio para conocer los potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador* (M. del A. del Ecuador (ed.)).

Ministerio del Ambiente Ecuador Normativa para Efluentes. (2015). *Norma de Calidad*

de Efluentes: Recurso Agua. Registro Oficial No. 387, 097, 24-30. Recuperado el 6 abril 2021, de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155128.pdf>

Ministerio del Ambiente, M. (2015). *Revisión del Anexo I del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua. Registro Oficial No. 387, 097, 24-30.* Recuperado el 15 abril 2021, de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155128.pdf>

Ortiz, D., & Mena, P. (2005). *Páramo*. ABYA YALA.

Ramos, R., Sepúlveda, R., & Villalobos, F. (2003). *El agua en el medio ambiente: muestreo y análisis*. México: Universidad Autónoma de Baja California.

Rojas, R. (2002). Sistemas de tratamiento de aguas residuales. Gestión integral de tratamiento de aguas residuales. *Universidad Politécnica de Cataluña, 1(3)*, 39-51.

Rodríguez, C. (2007). *Tensoactivos Aniónicos en Agua–Método SAAM*

SAE. (2021). *Laboratorio del Centro de Investigaciones y Control Ambiental, CICAM Escuela Politécnica Nacional. 7.*

Salas, G. (2005). *ELIMINACIÓN DE SULFUROS POR OXIDACIÓN EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL DE UNA CURTIEMBRE. 2645*, 1-9.

Salvador, C. (2013). *Historia de la industria curtidora argentina*. Editorial Dunken.

Skoog, D. A. (2020). *Fundamentos de química analítica. Vol. 2 (Vol. 2)*. Reverté.

Skoog, D. A., & West, D. M. (1985). *Introducción a la química analítica*. Reverté.

Skoog, D. A. (2020). *Fundamentos de química analítica. Vol. 1 (Vol. 1)*. Reverté.

Spiegel, M., & Stephens, L. (1994). *Estadística* (Cuarta). McGraw Hill.

Teodosiu, C. C., Kennedy, M. D., Van Straten, H. A., & Schippers, J. C. (1999).

Evaluation of secondary refinery effluent treatment using ultrafiltration membranes.

Water Research, 33(9), 2172-2180. Recuperado el 18 marzo 2021, de

[https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(98\)00433-3](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(98)00433-3)

USEPA (US Environmental Protection Agency). (2007). *Method 7010: graphite furnace atomic absorption spectrophotometry*.

Woodard, F. (2001). *Manual de tratamiento de residuos industriales*. Elsevier.

Anexos