



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**Evaluación de propiedades de medios naturales y elementos contaminantes en una zona de Salcedo
potencialmente en riesgo a causa de industrias textiles. Análisis químico y contraste regulatorio**

Mena Pástor, Paulina Gabriela

Departamento De Ciencias De La Energía Y Mecánica

Carrera De Petroquímica

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

PhD. Urrutia Goyes, Edgar Ricardo,

13 de abril del 2021

Latacunga



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. Análisis Químico Y Contraste Regulatorio**' fue realizado en su totalidad por la señorita **Mena Pástor, Paulina Gabriela** 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 del 2021



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

Ricardo Urrutia Goyes, PhD

C.C.: 1803599313



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE PETROQUÍMICA

Reporte Urkund



Urkund Analysis Result

Analysed Document: Tesis_Mena_rev1.docx (D100932878)
 Submitted: 4/8/2021 12:42:00 AM
 Submitted By: pgmena@espe.edu.ec
 Significance: 4 %

Sources included in the report:

<https://docplayer.es/201708262-Universidad-agraria-del-ecuador-facultad-de-ciencias-agrarias-carrera-de-ingenieria-ambiental.html>
<http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/3267/DETERMINACION%20DE%20LA%20CONCENTRACION%20DE%20METALES%202528Al%252C%20Fe%252C%20Mn%252C%20Ba%2529%20EN%20EL%20PUNTO%20AFLUENTE%20Y%20EFLUENTE%20DE%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
<https://1library.co/document/q0e2pgly-contaminacion-tipo-suelos-deterioro-calidad-cuenca-lago-titicaca.html>
<http://repositorio.espm.edu.ec/bitstream/42000/1453/1/TTMA38D.pdf>
<https://core.ac.uk/download/pdf/162135195.pdf>
<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/13951/D%3ADaz%20Vera%20%20Elena%20Jeaneth%20-%20Valdivia%20Odiaga%20Iris%20Andrea.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/23389/1/24%20PML.pdf>
<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/23389/1/24%20PML.pdf>
<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2631/1/T-ESPE-030044.pdf>
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/1939/1/MSc.%2024pdf>
<http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/1939/1/MSc.%2024pdf>

Instances where selected sources appear:

43



Firmado electrónicamente por:

**EDGAR RICARDO
URRUTIA GOYES**



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE PETROQUÍMICA

Responsabilidad De Autoría

Yo, **Mena Pástor, Paulina Gabriela** con cédula de ciudadanía N.º 0504264623, 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. Análisis Químico Y Contraste Regulatorio**' 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 del 2021

Mena Pástor Paulina Gabriela

CC. 0504264623



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE PETROQUÍMICA

Autorización De Publicación

Yo, **Mena Pástor, Paulina Gabriela**, con cédula de ciudadanía N.º 0504264623, 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. Análisis Químico Y Contraste Regulatorio’** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 13 de abril del 2021

Mena Pástor Paulina Gabriela

CC. 0504264623

Dedicatoria

A Dios; a mi madre, Ivone Pástor; a mi Padre, Johny Mena.

A mis hermanos, Johny, Jorge, a mi sobrina Amelia.

A mis abuelitos, Félix, Mary, Magui, por el apoyo incondicional.

Agradecimientos

A:

Dios, por ser mi la luz de esperanza y la fuerza en los momentos más difíciles de mi vida académica.

Mis padres, por su amor, ejemplo, entrega y apoyo incondicional durante toda mi carrera académica, por todo su esfuerzo y sacrificio empleado día a día para poder alcanzar mis metas.

Mis Hermanos, sobrina y abuelitos, por su confianza, ánimos y fe depositada en mí, haciendo que alcanzar esta meta fuera posible.

Mi tutor de tesis PhD. Ricardo Urrutia, por su tiempo, ayuda y guía para el desarrollo de esta investigación.

Los docentes de la carrera de petroquímica, por las lecciones, por la sabiduría que impartieron en mí y en mis compañeros, por la paciencia, y hacer de mi un mejor ser humano.

Mis amigos, que hicieron de mi vida universitaria una experiencia única, en especial a mi amiga que siempre estuvo en los momentos más difíciles Karen Jara.

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.....	13
Índice De Figuras.....	15
Resumen	17
Abstract.....	18
Introducción	21
Objetivos.....	22
<i>Objetivo general</i>	22
<i>Objetivo específico 1</i>	22
<i>Actividad 1</i>	22
<i>Actividad 2</i>	23
<i>Objetivo específico 2</i>	23

<i>Actividad 1</i>	23
<i>Actividad 2</i>	23
Marco Teórico.....	24
Ciudad de Salcedo	24
Agua.....	24
Industria de Curtiembres	25
Principales Parámetros de las Aguas Residuales en la Industria de Curtiembre.....	25
<i>Caudal</i>	26
<i>pH</i>	26
<i>Temperatura</i>	26
<i>Dureza Total</i>	27
<i>Aceites y grasas</i>	27
<i>Cromo total</i>	27
<i>Demanda bioquímica de oxígeno DBO₅</i>	28
<i>Demanda química de oxígeno DQO</i>	28
<i>Oxígeno disuelto</i>	28
<i>Sólidos totales</i>	28
<i>Sulfatos (SO₄)</i>	29
<i>Sulfuros (S)</i>	29
<i>Tensoactivos</i>	29

Análisis químicos aplicados al estudio del agua	29
<i>Volumetría</i>	31
<i>Gravimetría</i>	31
<i>Absorción atómica</i>	32
<i>Espectrofotometría VIS</i>	32
Metodología	33
Ubicación	33
Muestreo y Etiquetado	34
Toma de Muestras.....	36
<i>Caudal</i>	38
<i>pH</i>	38
<i>Temperatura</i>	38
<i>Aceites y grasas</i>	38
<i>Oxígeno disuelto y Sulfuros</i>	39
<i>Cromo total, Demanda bioquímica de oxígeno DBO₅, Demanda química de oxígeno DQO, Sólidos totales, Sulfatos (SO₄), Tensoactivos, Dureza total</i>	39
Análisis químico de las muestras	40
<i>Aceites y grasas</i>	40
<i>Cromo total</i>	41
<i>Demanda bioquímica de oxígeno DBO₅</i>	41
<i>Demanda química de oxígeno DQO</i>	42

<i>Oxígeno disuelto</i>	43
<i>Sólidos totales</i>	43
<i>Sulfatos (SO₄)</i>	44
<i>Sulfuros (S)</i>	44
<i>Dureza Total</i>	44
<i>Tensoactivos</i>	45
Análisis estadístico	46
Resultados Y Discusión.....	50
Análisis de las muestras	50
<i>Caudal</i>	55
<i>pH</i>	60
<i>Temperatura</i>	60
<i>Aceites y grasas</i>	65
<i>Cromo total</i>	65
<i>Demanda bioquímica de oxígeno DBO₅</i>	71
<i>Demanda química de oxígeno DQO</i>	76
<i>Oxígeno disuelto</i>	81
<i>Sólidos totales</i>	81
<i>Sulfatos (SO₄)</i>	87
<i>Sulfuros (S)</i>	92

<i>Dureza Total</i>	97
<i>Tensoactivos</i>	102
Comparación de concentraciones con la norma	107
<i>pH</i>	108
<i>Temperatura</i>	109
<i>Aceites y grasas</i>	110
<i>Cromo total</i>	111
<i>Demanda bioquímica de oxígeno DBO₅</i>	112
<i>Demanda química de oxígeno DQO</i>	113
<i>Oxígeno disuelto</i>	114
<i>Sólidos totales</i>	115
<i>Sulfatos (SO₄)</i>	115
<i>Sulfuros (S)</i>	116
<i>Dureza Total</i>	117
<i>Tensoactivos</i>	118
Conclusiones Y Recomendaciones	120
Conclusiones	120
Recomendaciones	122
Bibliografía	124
Anexos	128

Índice De Tablas

Tabla 1 <i>Análisis químicos elementales de aguas residuales</i>	30
Tabla 2 <i>Nomenclatura para la recolección de muestras de distintos puntos de Salcedo</i>	35
Tabla 3 <i>Consideraciones específicas para la toma de muestras</i>	37
Tabla 4 <i>Diseño experimental para tomar las muestras de agua</i>	38
Tabla 5 <i>Resultados de la concentración para muestras de agua analizadas</i>	51
Tabla 6 <i>ANOVA para el parámetro Caudal</i>	57
Tabla 7 <i>Método de Tukey para el parámetro Caudal</i>	58
Tabla 8 <i>ANOVA para el parámetro Temperatura</i>	63
Tabla 9 <i>Método de Tukey para el parámetro Temperatura</i>	63
Tabla 10 <i>ANOVA para el parámetro Cromo Total</i>	68
Tabla 11 <i>Método de Tukey para el parámetro Cromo Total</i>	69
Tabla 12 <i>ANOVA para el parámetro DBO</i>	73
Tabla 13 <i>Método de Tukey para el parámetro DBO</i>	74
Tabla 14 <i>ANOVA para el parámetro DQO</i>	79
Tabla 15 <i>Método de Tukey para el parámetro DQO</i>	79
Tabla 16 <i>ANOVA para el parámetro Sólidos Totales</i>	84

Tabla 17 <i>Método de Tukey para el parámetro Sólidos Totales</i>	85
Tabla 18 <i>ANOVA para el parámetro Sulfatos</i>	90
Tabla 19 <i>Método de Tukey para el parámetro Sulfatos</i>	90
Tabla 20 <i>ANOVA para el parámetro Sulfuros</i>	95
Tabla 21 <i>Método de Tukey para el parámetro Sulfuros</i>	95
Tabla 22 <i>ANOVA para el parámetro Dureza Total</i>	100
Tabla 23 <i>Método de Tukey para el parámetro Dureza Total</i>	100
Tabla 24 <i>ANOVA para el parámetro Tensoactivos</i>	105
Tabla 25 <i>Método de Tukey para el parámetro Tensoactivos</i>	105
Tabla 26 <i>Límites establecidos en la normativa vigente</i>	108

Índice De Figuras

Figura 1 <i>Sector Rural de la Ciudad de Salcedo</i>	34
Figura 2 <i>Gráfica de caja del parámetro Caudal</i>	55
Figura 3 <i>Gráficas 4 en 1 de residuos para el parámetro Caudal</i>	57
Figura 4 <i>Gráfica de efectos principales para el parámetro Caudal</i>	59
Figura 5 <i>Gráfica de interacción para el parámetro Caudal</i>	60
Figura 6 <i>Gráfica de caja del parámetro Temperatura</i>	61
Figura 7 <i>Gráficas 4 en 1 de residuos para el parámetro Temperatura</i>	62
Figura 8 <i>Gráfica de efectos principales para el parámetro Temperatura</i>	64
Figura 9 <i>Gráfica de interacción para el parámetro Temperatura</i>	65
Figura 10 <i>Gráfica de caja del parámetro Cromo Total</i>	66
Figura 11 <i>Gráficas 4 en 1 de residuos para el parámetro Cromo Total</i>	68
Figura 12 <i>Gráfica de efectos principales para el parámetro Cromo Total</i>	70
Figura 13 <i>Gráfica de interacción para el parámetro Cromo Total</i>	71
Figura 14 <i>Gráfica de caja del parámetro DBO</i>	72
Figura 15 <i>Gráficas 4 en 1 de residuos para el parámetro DBO</i>	73
Figura 16 <i>Gráfica de efectos principales para el parámetro DBO</i>	75
Figura 17 <i>Gráfica de interacción para el parámetro DBO</i>	76

Figura 18 <i>Gráfica de caja del parámetro DQO</i>	77
Figura 19 <i>Gráficas 4 en 1 de residuos para el parámetro DQO</i>	78
Figura 20 <i>Gráfica de efectos principales para el parámetro DQO</i>	80
Figura 21 <i>Gráfica de interacción para el parámetro DQO</i>	81
Figura 22 <i>Gráfica de caja del parámetro Solidos Totales</i>	82
Figura 23 <i>Gráficas 4 en 1 de residuos para el parámetro Sólidos Totales</i>	84
Figura 24 <i>Gráfica de efectos principales para el parámetro Sólidos Totales</i>	86
Figura 25 <i>Gráfica de interacción para el parámetro Sólidos Totales</i>	87
Figura 26 <i>Gráfica de caja del parámetro Sulfatos</i>	88
Figura 27 <i>Gráficas 4 en 1 de residuos para el parámetro Sulfatos</i>	89
Figura 28 <i>Gráfica de efectos principales para el parámetro Sulfatos</i>	91
Figura 29 <i>Gráfica de interacción para el parámetro Sulfatos</i>	92
Figura 30 <i>Gráfica de caja del parámetro Sulfuros</i>	93
Figura 31 <i>Gráficas 4 en 1 de residuos para el parámetro Sulfuros</i>	94
Figura 32 <i>Gráfica de efectos principales para el parámetro Sulfuros</i>	96
Figura 33 <i>Gráfica de interacción para el parámetro Sulfuros</i>	97
Figura 34 <i>Gráfica de caja del parámetro Dureza Total</i>	98
Figura 35 <i>Gráficas 4 en 1 de residuos para el parámetro Dureza Total</i>	99

Figura 36 <i>Gráfica de efectos principales para el parámetro Dureza Total</i>	101
Figura 37 <i>Gráfica de interacción para el parámetro Dureza Total</i>	102
Figura 38 <i>Gráfica de caja del parámetro Tensoactivos</i>	103
Figura 39 <i>Gráficas 4 en 1 de residuos para el parámetro Tensoactivos</i>	104
Figura 40 <i>Gráfica de efectos principales para el parámetro Tensoactivos</i>	106
Figura 41 <i>Gráfica de interacción para el parámetro Tensoactivos</i>	107
Figura 42 <i>Comparación de resultados del parámetro pH con la Norma</i>	109
Figura 43 <i>Comparación de resultados del parámetro Temperatura con la Norma</i>	110
Figura 44 <i>Comparación de resultados del parámetro Aceites y Grasas con la Norma</i>	111
Figura 45 <i>Comparación de resultados del parámetro Cromo Total con la Norma</i>	112
Figura 46 <i>Comparación de resultados del parámetro DBO con la Norma</i>	113
Figura 47 <i>Comparación de resultados del parámetro DQO con la Norma</i>	114
Figura 48 <i>Comparación de resultados del parámetro Solidos Totales con la Norma</i>	115
Figura 49 <i>Comparación de resultados del parámetro Sulfatos con la Norma</i>	116
Figura 50 <i>Comparación de resultados del parámetro Sulfuros con la Norma</i>	117
Figura 51 <i>Comparación de resultados del parámetro Dureza Total con la Norma</i>	118
Figura 52 <i>Comparación de resultados del parámetro Tensoactivos con la Normativa</i>	119

Resumen

El proyecto está orientado al estudio de la contaminación generada por los procesos textiles, sus causas y efectos. Primero se desarrolló los métodos de muestreo para el agua, como también el análisis de los principales contaminantes en procesos de curtiduría por medio de la revisión bibliográfica disponible. En segundo lugar, se estableció la ubicación de las Industrias probablemente contaminantes de agua a los alrededores de la ciudad de Salcedo. Luego, fue fijado el número de muestras, los puntos de toma de muestra, las horas de mayor incidencia, los días que se lleva a cabo la producción de cuero y los principales contaminantes en concordancia con la disponibilidad sectorial y financiera. Por medio de la normativa vigente se procedió a realizar el muestreo, transporte y almacenamiento de las muestras hacia un laboratorio certificado con altos estándares de calidad. En el laboratorio las muestras fueron analizadas mediante análisis instrumentales para determinar la concentración de cada uno de los parámetros importantes para el estudio de aguas residuales. Los resultados obtenidos se procesaron a través, de un análisis estadístico y se efectuó una comparación con los límites que establece la normativa ecuatoriana con los resultados, estableciendo conclusiones y recomendaciones con el fin de mejorar esta problemática.

Palabras clave:

- **CONTAMINACIÓN**
- **SALCEDO**
- **AGUA**
- **ANÁLISIS**
- **LÍMITES**

Abstract

The project is oriented to the study of pollution generated by textile processes, its causes and effects. First, the sampling methods for the water were developed, as well as the analysis of the main contaminants in tannery processes through the available bibliographic review. Second, the location of the probably water-polluting industries around the city of Salcedo was established. Then, the number of samples, the sampling points, the hours of greatest incidence, the days that leather production is carried out and the main pollutants were set in accordance with the sectorial and financial availability. Through current regulations, the samples were sampled, transported and stored to a certified laboratory with high quality standards. In the laboratory, the samples were analyzed by instrumental analysis to determine the concentration of each of the important parameters for the study of wastewater. The results obtained were processed through a statistical analysis and a comparison was made with the limits established by the Ecuadorian regulations with the results, establishing conclusions and recommendations in order to improve this problem.

Key words:

- **POLLUTION**
- **SALCEDO**
- **WATER**
- **ANALYSIS**
- **LIMITS**

CAPÍTULO I

1. Introducción

A nivel mundial la contaminación ambiental, especialmente del agua se posiciona como uno de los más importantes problemas que afectan a la sociedad del siglo XXI. La tasa de contaminación del agua puede ser estimada en 2000 millones de metros cúbicos diarios; cifra que revela una crisis de este recurso para años posteriores (Reyes et al., 2016). Cabe mencionar que el agua en estado puro no existe en la naturaleza, pero puede hablarse de que un agua es de calidad, cuando sus características fisicoquímicas y biológicas la hacen aceptable para un cierto uso (Remache Tixe, 2013).

La calidad del agua es controlada por medio de reglamentos y legislaciones, estableciendo límites tolerables o imperiosos, como también guías de calidad; con el fin de proteger los usos asignados, el ambiente y la integridad de los seres vivos. De acuerdo a la norma correspondiente, los análisis químicos, físicos o bacteriológicos deben ser obligatoriamente llevados a cabo. Las determinaciones de campo serán: caudal, pH, temperatura y en los laboratorios se debe realizar los análisis de las muestras para la caracterización de descargas industriales, que deberán estar acreditados por el Organismo de Acreditación Ecuatoriano (OAE) (Ministerio del Ambiente, 2015).

En la industria de curtiduría, se emplean diversos agentes químicos para la elaboración de cuero procedente de las pieles de animales, los mismos que se desechan en forma de aguas residuales del proceso hacia los ríos, quebradas ocasionando gran contaminación de los mismos. En el Ecuador destaca a la industria del cuero como una de las mayores actividades productivas y representativas, lo que ha alentado a la ejecución de diversos estudios que contribuyen a

visualizar la problemática de las aguas residuales obtenidas de las industrias de curtiembres (Alegría Bartolomé & Echeagaray Aveiga, 2017).

La legislación ambiental que regula y controla la calidad del agua es el “Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma De Calidad Ambiental Y De Descarga De Efluentes Al Recurso Agua”; el mismo que estipula los parámetros de monitoreo para la actividad industrial de curtido y adobo de pieles.

El presente estudio tiene como objetivo principal evaluar las principales propiedades y elementos contaminantes del agua residual producida por una industria de curtiembres y su efecto en la misma, además de realizar una comparación con la normativa vigente que permita generar conclusiones a futuro.

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*

Analizar las muestras del medio seleccionado para conocer sus propiedades o concentración de contaminantes.

Actividad 1

- Caracterizar las muestras en un laboratorio certificado.

Actividad 2

- Tabular los datos obtenidos y realizar análisis estadístico de los resultados obtenidos.

b. Objetivo específico 2

Generar conclusiones que permitan una planificación a futuro.

Actividad 1

- Comparar los resultados con la normativa local y propiedades reconocer contaminantes fuera de la norma.

Actividad 2

- Generar gráficos que permitan presentar la información más relevante.

CAPÍTULO II

2 Marco Teórico

2.1 Ciudad de Salcedo

La ciudad de San Miguel de Salcedo está localizada en la zona centro-norte del Ecuador, se encuentra ubicada en el suroriente de la provincia de Cotopaxi, posee la forma de una franja que se alarga a partir de la Cordillera Occidental, hasta los páramos de la cordillera central, con un largo de 50 km; mientras tanto que su ancho es de 10.00 Km. Su altitud está a 2,683.00 m sobre el nivel del mar donde se destaca un tipo de clima templado y frío; su extensión total es de 225.00 Km² aproximadamente (Jefatura Comunicación, n.d.).

El Cantón se encuentra asentado en la cuenca del Río Pastaza, uno de cuyos afluentes primordiales en la cuenca alta es el Río Cutuchi, cuyos afluentes principales son el Río Nagsiche por la margen derecha y el Río Yanayacu por la margen izquierda. El principal Río del Cantón por sus usos y caudal disponible es el Río Cutuchi, no obstante, es un río excesivamente contaminado, primordialmente por las descargas concentradas de aguas servidas de la Ciudad de Latacunga y de las urbes en la cuenca alta (GAD SALCEDO, 2019).

2.2 Agua

El agua es un líquido vital que está constituida molecularmente por átomos de Hidrogeno y de Oxígeno (H₂O). Es fundamental para la supervivencia de cada una de las formas conocidas de vida. El concepto agua, principalmente, tiene relación con la sustancia en su estado líquido, pero la misma puede encontrarse en otros estados de la materia como lo son sólido, y gaseoso (Remache Tixe, 2013).

Se considera que el agua dulce es empleada alrededor del 70% para la agricultura; el 20% del consumo mundial es para las industrias, aplicándose en la refrigeración, transporte y como disolvente de sustancias químicas; el consumo doméstico absorbe el 10% restante (Vásquez Novoa, 2012).

2.3 Industria de Curtiembres

La curtición o curtido es el proceso por medio del cual se transforman las pieles de los animales primordialmente bovinos, ovinos o porcinos, en un material denominado como cuero, el mismo que tendrá que tener las características de conservarse con el paso del tiempo, tener flexibilidad, resistencia y belleza (Lombeida Rojas, 2017). A lo largo del proceso se diferencian cuatro etapas: La etapa de ribera, etapa de curtido, etapa de post-curtido, la etapa de acabado (Córdova Bravo et al., 2014).

2.4 Principales Parámetros de las Aguas Residuales en la Industria de Curtiembre

Los principales parámetros de monitoreo de las descargas industriales según el Anexo I del Libro VI “Norma De Calidad Ambiental Y De Descarga De Efluentes: Recurso Agua” para actividades industriales son: Caudal, pH, Temperatura, Dureza Total, Aceites y grasas, Cromo total, Demanda bioquímica de oxígeno DBO₅, Demanda química de oxígeno DQO, Oxígeno disuelto, Sólidos totales, Sulfatos (SO₄), Sulfuros (S), Tensoactivos.

Caudal

El caudal corresponde a una cantidad de agua que pasa por un lugar (canal, tubería, etc.) Existen diversos métodos para la medición de caudales de agua, entre los más utilizados son: método de la trayectoria, método volumétrico, método del flotador, estructuras de medida. El método volumétrico permite medir pequeños caudales de agua como son los que escurren en surcos de riego o acequias (Bello & Pino, 2000).

pH

El pH es la medida de la concentración del ion hidronio (H_3O^+) en una solución (Jiménez, 2000). Aguas residuales en concentración desfavorable del ion hidrogeno son complicados de tratar biológicamente, modifican la biota de los destinatarios y terminan siendo letal ocasionalmente para los microorganismos, suele estar en un rango de pH entre 6 y 8 (Lombeida Rojas, 2017).

Para aguas naturales el pH oscila entre 4 y 9, en su mayoría son ligeramente básicas debido a la existencia de carbonatos, bicarbonatos, metales alcalinos y alcalinotérreos (Garay Tinoco et al., 2003).

Temperatura

La temperatura es un parámetro fundamental en aguas residuales pues perjudica y altera la vida acuática, altera la velocidad de las reacciones químicas, la concentración de saturación de oxígeno disuelto y la actividad bacteriana (Rueda et al., 2019).

Dureza Total

Es otra manera de reflejar el contenido iónico de un agua, relacionándolo a la concentración total de iones calcio, magnesio, bario y estroncio, especialmente a los dos primeros. La existencia de este tipo de iones en el agua comúnmente es de origen natural, y ocasionalmente antrópica; el inconveniente de las aguas duras se focaliza en la formación de precipitados insolubles de carbonatos e hidróxidos (Jiménez, 2000).

Aceites y grasas

Los aceites y grasas producen dos tipos de inconvenientes en el momento de depuración de las aguas residuales, disminuye la mojabilidad de los sólidos en suspensión obstruyendo, con ello su sedimentación, y la formación de una película que recubre a los microorganismos encargados de la biodegradación, dificultando con ello la captación de oxígeno y reduciendo su poder depurador (Jiménez, 2000).

Cromo total

El cromo se puede encontrar en nueve estados de valencia, pero se presenta en el medio ambiente más frecuentemente como compuestos de Cr (III) y Cr (VI), los métodos más empleados en la supresión de iones Cr (VI), involucran la reducción química a iones de Cr (III), el cual es menos tóxico y soluble (Meneses Barroso et al., 2018). Los derivados del cromo trivalente se usan ampliamente como curtientes en el tratamiento del cuero (Mayta & Mayta, 2017).

Demanda bioquímica de oxígeno DBO₅

Es la cantidad de oxígeno disuelto que puede ser consumido por oxidación bioquímica de materia orgánica degradable, bajo condiciones específicas (Garay Tinoco et al., 2003). Es el parámetro frecuentemente utilizado para medir la calidad de aguas residuales y superficiales, para planificar unidades de tratamiento, establecer el número de cargas orgánicas permisibles y estimar la eficiencia de los mismos (Lombeida Rojas, 2017).

Demanda química de oxígeno DQO

Es la medida de la cantidad de oxígeno presente en la materia orgánica de una muestra que es sensible a la oxidación por medio de agentes químicos oxidantes (Garay Tinoco et al., 2003).

Oxígeno disuelto

Su presencia es fundamental para conservar las formas superiores de vida. El oxígeno es poco soluble en agua, reduciendo su solubilidad a medida que acrecienta la temperatura (Jiménez, 2000).

Sólidos totales

Son los remanentes de material que se encuentran en un recipiente después de la evaporación y secado de una muestra. Los sólidos totales contienen tanto las sales inorgánicas (carbonatos, bicarbonatos, fosfatos, sulfatos, cloruros y nitratos de sodio, magnesio, potasio, calcio y hierro) como la materia orgánica (Toasa Llumigusín, 2012).

Sulfatos (SO₄)

Ion usual en aguas residuales, se precisa para la síntesis de proteínas y se libera en su descomposición; en condición anaerobia ocasiona problemas de corrosión y olor. En digestores de lodos los sulfatos son reducidos a sulfuros y el proceso biológico se deteriora (Lombeida Rojas, 2017).

Sulfuros (S)

Los sulfuros producen gases tóxicos de ácido sulfhídrico a valores de pH inferiores; además inhiben la acción de la enzima oxidasa, de manera que reducen así la captación de nitrógeno y el crecimiento de las plantas (Ortiz Penagos et al., 2018).

Tensoactivos

Los tensoactivos, o agentes de actividad superficial, son moléculas orgánicas grandes que, disueltos en otro solvente dan lugar a la formación de coloides, dispersiones, suspensiones, emulsiones, aerosoles o espumas (Toasa Llumigusín, 2012).

2.5 Análisis químicos aplicados al estudio del agua

Las principales técnicas analíticas e instrumentales aplicadas al análisis químico de aguas residuales se encuentran detallados en la Tabla 1.

Tabla 1*Análisis químicos elementales de aguas residuales*

Tipo de ensayo	Técnica
Caudal	Método volumétrico
pH	Tiras de pH
Temperatura	Termómetro Led
Dureza total	PE-15/ SM Ed.23, 2017, 2340 C/ Volumetría
Aceites y grasas	PE-14/ SM Ed.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
Oxígeno disuelto	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 PE-03/ SM Ed.23, 2017, 5540 C /
Tensoactivos	Espectrofotometría VIS / Anionic Surfactants as MBAS)

Nota. Recuperado de “*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*”, de Baird et al., 2017 Washington, Estados Unidos: American Public Health Association.

Volumetría

El análisis volumétrico mide el volumen de reactivo requerido para que reaccione con el analito. En una titulación se agregan incrementos de la solución titulante al analito hasta que la reacción sea completa. Las titulaciones pueden basarse en cualquier tipo de reacción química. Los principales requisitos de la reacción son que debe ser completa y rápida. Las titulaciones más comunes se basan en las reacciones ácido-base, de oxidorreducción, formación de complejos o de precipitación (Harris, 2007).

Gravimetría

El análisis gravimétrico implica una variedad de técnicas en las que la masa de un producto se utiliza para determinar la cantidad original del analito (Harris, 2007). Se puede diferenciar dos tipos de Análisis Gravimétricos:

En el primero de ellos el elemento a determinar se separa de los demás componentes de la muestra por formación de un precipitado insoluble, o el de alguna sustancia formada a partir de él, por un tratamiento adecuado. El segundo tipo usa la propiedad de la volatilidad; en este caso la sustancia a determinar es separada por destilación. El producto puede ser absorbido por una sustancia y seguidamente pesado para determinar el cambio de peso. De los dos métodos el más empleado es la precipitación o formación de un precipitado insoluble el que posteriormente será purificado y finalmente pesado (Molina Valencia & Torres Dahbura, 2008).

Absorción atómica

La absorción atómica es el proceso que ocurre cuando átomos de un elemento en estado fundamental absorben energía radiante a una longitud de onda específica. La cantidad de radiación absorbida aumenta al hacerlo el número de átomos del elemento presentes en el camino óptico, utilizándose esto con fines analíticos cuantitativos (Vásconez Novoa, 2012). Los componentes de un espectrofotómetro de Absorción Atómica son, fuente de radiación, atomizador, sistema selector de onda y detector (Remache Tixe, 2013).

Espectrofotetría VIS

La espectroscopía UV-VIS es una técnica de espectroscopía de absorción que abarca la absorción de luz ultravioleta y visible por parte de una molécula provocando el paso de un electrón desde un orbital molecular fundamental a un orbital excitado (Arévalo Hidalgo, 2006). La región ultravioleta cae en el rango entre 190 a 380 nm, y la región visible se encuentra entre 380-750 nm (Vilca Vergaray, 2019)

CAPÍTULO III

3 Metodología

3.1 Ubicación

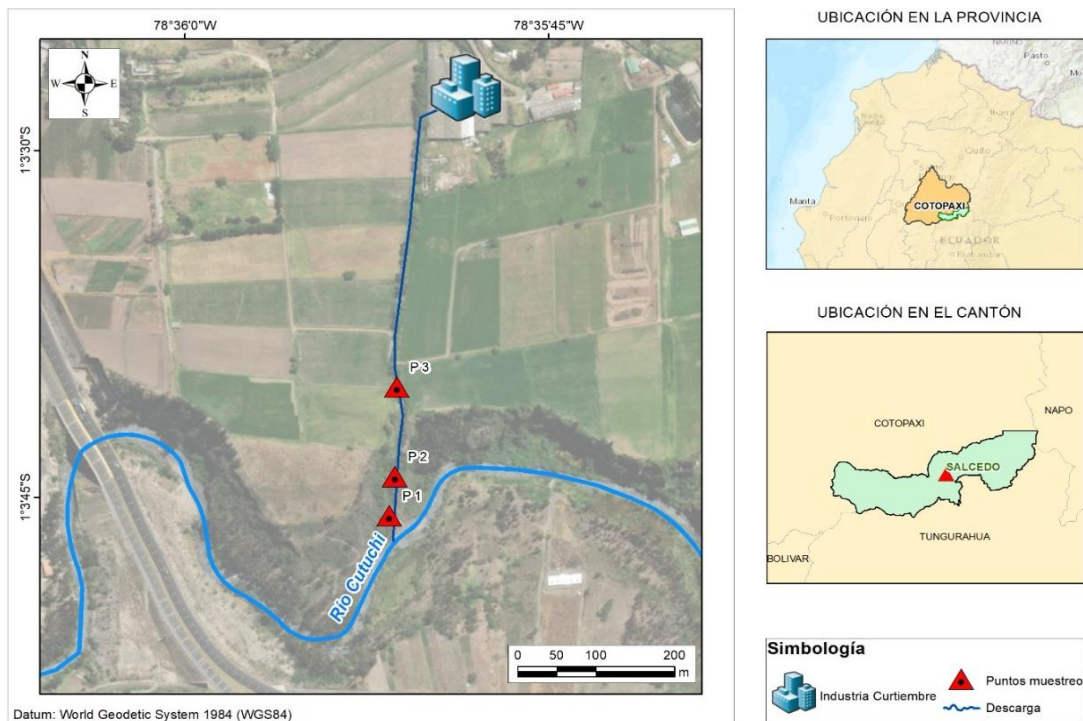
El cantón Salcedo se encuentra localizado en Ecuador provincia de Cotopaxi y cuya cabecera cantonal es la ciudad de San Miguel de Salcedo, cuyas coordenadas UTM son 768137 y 742574648 Oeste, 9884341 y 111288827 Sur, para llevar a cabo el estudio se tomó en consideración tres puntos con ingreso público y de repercusión directa de una industria de curtiembres en la zona rural de la ciudad San Miguel de Salcedo.

La zona de estudio se destaca por ser un sector agrícola y ganadero de manera que posee varios canales de riego. El canal de agua estudiado tiene contacto directo con los desechos producidos de la curtiduría, el mismo que desemboca de manera directa en el río Cutuchi lo que incide presuntamente en la contaminación del mismo.

En la Figura 1 se muestra la ubicación de la ciudad de Salcedo, el río Cutuchi marcado con una línea azul, la zona de estudio de esta investigación con los diversos puntos de tomas de muestras (representados como P1, P2, P3) en el canal de riego afectado por la industria de curtiduría que se encuentra ubicada a pocos metros y sus coordenadas respectivas.

Figura 1

Sector Rural de la Ciudad de Salcedo. Mapa ArcGIS® 2021



3.2 Muestreo y Etiquetado

Para el muestreo, en principio se estableció los factores más importantes que son los diversos puntos, horas, y días. Los puntos representados como P1, P2 y P3 son mostrados en la Figura 1. Las horas fueron fijadas de acuerdo a la producción de la industria de curtiembres ya que a las 09H00 y 12H00 horas se desechan los residuos producidos. Por último, los días martes y miércoles fueron escogidos por ser los días pico de manufactura a diferencia del día sábado que es el de menor producción.

Por medio del diseño experimental, se determinó que deben ser recolectadas veinte muestras, las primeras dieciocho muestras son el resultado de las variables controladas y las dos

restantes producto de las repeticiones donde la primera fue tomada el día martes 09H00 en el punto 1 y la segunda el día miércoles 12H00 en el punto 3. La nomenclatura instituida para tomar y etiquetar las muestras se expone en la Tabla 2, la cual detalla información acerca de la ubicación, hora, día, número de muestra tomada y etiquetado de las mismas. Se representa con la letra “D” al día de toma de muestra, la letra “P” al punto de ubicación y la “H” corresponde a la hora; por ejemplo, D2P1H1 indica que la muestra fue tomada el día Martes, en el punto 1 a las 09H00.

Tabla 2

Nomenclatura para la recolección de muestras de distintos puntos de la Ciudad de Salcedo

Número de muestra	Día	Ubicación	Hora	Etiqueta
1	Martes	Punto 1	09H00	D2P1H1
2	Miércoles	Punto 1	09H00	D3P1H1
3	Sábado	Punto 1	09H00	D1P1H1
4	Martes	Punto 2	09H00	D2P2H1
5	Miércoles	Punto 2	09H00	D3P2H1
6	Sábado	Punto 2	09H00	D1P2H1
7	Martes	Punto 3	09H00	D2P3H1
8	Miércoles	Punto 3	09H00	D3P3H1
9	Sábado	Punto 3	09H00	D1P3H1
10	Martes	Punto 1	12H00	D2P1H2
11	Miércoles	Punto 1	12H00	D3P1H2
12	Sábado	Punto 1	12H00	D1P1H2

Número de muestra	Día	Ubicación	Hora	Etiqueta
13	Martes	Punto 2	12H00	D2P2H2
14	Miércoles	Punto 2	12H00	D3P2H2
15	Sábado	Punto 2	12H00	D1P2H2
16	Martes	Punto 3	12H00	D2P3H2
17	Miércoles	Punto 3	12H00	D3P3H2
18	Sábado	Punto 3	12H00	D1P3H2
19	Martes	Punto 1	09H00	R1D2P1H1
20	Miércoles	Punto 3	12H00	R2D3P3H2

3.3 Toma de Muestras

Para la recolección de muestras de cada parámetro establecido de acuerdo al Anexo I del Libro VI “Norma De Calidad Ambiental Y De Descarga De Efluentes: Recurso Agua”; se debe tomar en cuenta ciertas consideraciones como son: volumen de la muestra, reactivos, condiciones de almacenamiento, materiales, equipos, transporte, tipo de envase para la recolección y conservación. Los equipos utilizados fueron: termómetro, y cronómetro. Los materiales usados fueron: tiras de ph, agua destilada, balde con medida, gotero, rollo de papel de cocina, papel film, embudo, etiquetadores, coolers, hielo. En la Tabla 3 se presentan las consideraciones específicas para la toma de muestras de cada parámetro analizado.

Tabla 3*Consideraciones específicas para la toma de muestras*

Parámetro	Tipo de Envase	Volumen mínimo de Muestra	Condición de Almacenamiento	Reactivo
Aceites y grasas	Vidrio, color ámbar (oscuro)	1.00 L	4 – 10 °C	Ácido Sulfúrico (1.00 mL)
Oxígeno disuelto, Sulfuros	Winkler	300.00 mL	4 – 10 °C	Sulfato Manganoso Álcali-yodo-yoduro Ácido Sulfúrico
Dureza total, Cromo total, DBO5, DQO, Sólidos totales, Sulfatos, Tensoactivos.	Plástico, estéril	3.00 L	4 – 10 °C	---

Nota. Recuperado de “*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*”, de Baird et al., 2017, Washington, Estados Unidos: American Public Health Association.

De acuerdo al diseño experimental se procedió a recolectar las muestras en los días, horas, y puntos indicados en la Tabla 2 de la siguiente manera:

Caudal

Para la medición del caudal se debe sujetar el balde con medida en el canal de agua y tomar el tiempo que tarda en llenarse el mismo. Se debe repetir tres veces la medición en cada punto, hora y día

pH

En este parámetro se debe sumergir las tiras de pH en el canal de agua estudiado y de acuerdo al color presentado se estimó el mismo.

Temperatura

En este caso se requiere usar el termómetro y tomar la temperatura del agua que recorre el canal, realizando tres veces cada medición. Para el presente estudio fue utilizado el termómetro SainSonic (SS5380)

Aceites y grasas

En principio se debe limpiar el balde con agua destilada para evitar cualquier tipo de contaminación. Seguidamente en la botella de vidrio ámbar se debe colocar con un gotero 1.00 mL de ácido sulfúrico ya que este reactivo se usa como preservante. En segundo lugar, se recolecta el agua del canal con la ayuda del balde y con el embudo se traspasa el agua del balde a la botella. Para terminar con un pedazo de papel film se cubre el pico de la botella, se cierra y etiqueta

Oxígeno disuelto y Sulfuros

Para estos dos parámetros la forma de recolección de la muestra es la misma, pero se debe usar diferentes botellas Winkler y su respectiva toma de muestra por separado; para empezar la recolección de la muestra se coloca dentro de cada botella Winkler 1mL de los reactivos: sulfato manganoso, solución álcali-yodo-yoduro y el ácido sulfúrico; puesto que el primer reactivo fija el oxígeno, el segundo precipita toda la materia orgánica y el ácido sulfúrico degrada toda la materia orgánica. Seguidamente debe tomar el agua del canal de riego hasta llenar el balde (que previamente debe estar limpio) y se sumerge dentro de este la botella Winkler una vez llena. Cerramos con su respectiva tapa es importante realizar la recolección de la muestra de esta manera para que otros gases no intervengan y no haya contaminación ambiental. Por último, la botella es retirada del balde se procede a secar superficialmente y etiquetar

Cromo total, Demanda bioquímica de oxígeno DBO₅, Demanda química de oxígeno DQO, Sólidos totales, Sulfatos (SO₄), Tensoactivos, Dureza total

A diferencia del anterior caso el procedimiento es el mismo y se realiza una sola vez ya que solamente una botella de plástico de 3L es necesaria. Teniendo en cuenta que tanto la botella de plástico como el balde deben estar limpios y secos. En primer lugar, se debe tomar agua del canal con la ayuda del balde y con el embudo traspasar su contenido a la botella plástica. Con un pedazo de papel film se cubre el pico de la botella, se cierra y etiqueta. Una vez tomada cada una de las muestras éstas deben ser colocadas dentro de un cooler con hielo para ser debidamente conservadas y transportadas al laboratorio de análisis. En este estudio fueron

transportadas el mismo día al laboratorio certificado de la Escuela Politécnica Nacional “Centro de Investigaciones y Control Ambiental (CICAM).

3.4 Análisis químico de las muestras

Para el análisis de Dureza Total, Aceites y grasas, Cromo total, Demanda bioquímica de oxígeno DBO₅, Demanda química de oxígeno DQO, Oxígeno disuelto, Sólidos totales, Sulfatos (SO₄), Sulfuros (S), Tensoactivos; el laboratorio “CICAM” empleó diversas técnicas analíticas como son gravimetría, volumetría, espectrofotometría, absorción atómica entre otras para determinar su concentración; cumpliendo a cabalidad con los estándares y normas de acreditación que serán redactados a continuación:

Aceites y grasas

Para determinar su concentración, el laboratorio utilizó el procedimiento PE-14/ SM Ed.23, 2017, 5520 B/ Gravimetría; que se encuentra especificado en el Anexo I.

En este método el volumen de la muestra es transferido a un embudo de decantación donde se mezcla con un disolvente (hexano) y es dejado hasta que las capas se separen. Después debe procederse a drenar las capas de emulsión y disolvente en una centrifuga. El siguiente paso es, transferir el material centrifugado en el embudo de decantación junto con el hexano y se repite la extracción, centrifugación dos veces más. Una vez que no exista emulsiones la muestra es colocada en un matraz y llevada a una estufa hasta eliminar el remanente restante. Por último, se enfría en el desecador hasta obtener un peso constante y calcular la cantidad de aceites y grasas

Cromo total

La metodología adecuada para determinar su concentración es Absorción atómica / EPA 7010, donde se puede decir que se divide en dos secciones. La primera es la digestión de la muestra y segundo el procedimiento usado en el GFAA.

Para la digestión se usa el "Método 3020A" donde la muestra es digerida con ácido nítrico ultra puro, en este punto debe mezclarse bien y será transferida a un matraz donde se deja reposar la muestra junto con 5 mL de ácido nítrico ultra puro y perlas de ebullición cubierto por un vidrio reloj. Luego se calienta la muestra primero suavemente y después calentarla agregando ácido nítrico ultra puro hasta que solo quede de 10 mL a 20 mL de solución. A continuación, dejar enfriar la muestra, filtrar y transferir 10 mL de la solución a un balón volumétrico de 100.00 mL completando el volumen con agua destilada. Para finalizar es agitado el balón para homogenizarlas.

El procedimiento usado en el GFAA se debe secar, calcinar y atomizar; cabe mencionar que el equipo usa el gas de Argón ultra puro como gas de purga. La radiación pasa por medio del vapor de ese elemento. Los átomos del metal se colocan en el haz de radiación, un monocromador separa las radiaciones y la radiación transmitida es medida. Para encontrar mayores características de este método dirigirse al Anexo II.

Demanda bioquímica de oxígeno DBO₅

Este parámetro es estudiado mediante el procedimiento PE-06/ SM Ed.23, 2017, 5210 B/ Volumetría agregado en el Anexo III, el cual describe el proceso en partes. El primer paso es,

preparar al menos 2.00 L de agua de dilución. A continuación, traspasar el agua de dilución a seis botellas de DBO₅ evitando burbujeos y dejar estabilizar las mismas durante 15 min después de tapar las botellas. Segundo, llenar completamente cada botella agregando agua de dilución, mezclarla girando la botella varias veces de forma manual. Tapar la acampanada de la botella para evitar la evaporación durante la incubación. Después, por medio del método volumétrico calcular:

- El oxígeno disuelto (OD) inicial en tres envases de DBO₅ e incubar las otras tres por 5 días
- El consumo de OD del blanco se debe trasvasar el agua de dilución a dos botellas de DBO₅ e incubar por 5 días la botella restante
- El consumo de OD en todas las disoluciones y el blanco por el método volumétrico.

A continuación, debe registrarse los valores obtenidos y calcular el DBO₅. Para el resultado final debe reportarse el promedio de las 3 mediciones realizadas

Demanda química de oxígeno DQO

PE-01/ SM Ed.23, 2017, 5220 D/ Espectrofotometría VIS es el procedimiento usado donde se coloca 2.00 mL de la muestra en un viral Hach junto con el reactivo del mismo nombre al cual se designará el nombre de "viral 1". De la misma forma colocar el agua destilada y será el "viral 2". Poner los virales en el digestor y dejarlo durante el tiempo y temperatura indicado en el Anexo IV. Enfriar la muestra, colocarla en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 420 nm y medir la absorbancia del blanco, la absorbancia de la muestra. Por último, restar la absorbancia de la muestra, la del blanco y realizar una comparación con la curva estándar.

Oxígeno disuelto

El método analítico empleado es PE-18/ SM Ed. 23, 2017, 4500-O C/ Volumetría; en esta metodología la primera instancia es realizar las soluciones que serán utilizadas en la valoración las mismas que son: solución estándar de tiosulfato de sodio, solución estándar de biyodato de potasio, almidón, y aquella que será denominada como estandarización. Una vez listas las soluciones el procedimiento a seguir es titular la muestra con una solución de tiosulfato de sodio hasta que se torne un color amarillento. Seguidamente agregar unas gotas de almidón y continuar con la titulación hasta que la primera desaparición del color azul en la muestra.

En este tipo de análisis los resultados deben ser expresados como porcentaje de saturación y debe corregirse las solubilidades. Tanto la preparación de soluciones como ecuaciones para presentar los resultados son especificados en el Anexo V del presente estudio.

Sólidos totales

Para determinar su concentración, el laboratorio empleó la técnica PE-36/ SM Ed.23, 2017, 2540 D/ Gravimetría encontrada en el Anexo VI, donde el primer paso es preparar el plato evaporador para proceder a analizar la muestra. En el análisis se debe homogenizar y transferir un volumen de muestra que produzca un residuo entre 2,5 y 200 mg. El siguiente paso es pipetear el volumen, colocarlo en el plato de porcelana, evaporizar en la estufa y pesar inmediatamente el plato. Repetir el ciclo hasta obtener un peso constante y calcular la concentración de sólidos totales.

Sulfatos (SO₄)

En este parámetro es usual utilizar el método PE-47/ SM Ed.23, 2017, 4500 - SO4-2 E/ Espectrofotometría VIS; como en muchos estudios anteriormente mencionados previamente debe realizarse las soluciones que serán ocupas, estas serán las soluciones denominadas como tampón A, tampón B, Cloruro de bario (BaCl₂), solución estándar de sulfato explicadas en el Anexo VII. Para iniciar el procedimiento se debe realizar la formación de turbidez del sulfato de bario en donde la muestra se mezcla con la solución tampón y cloruro de bario. Seguidamente debe medirse la turbidez producida en la celda de absorción del fotómetro. Después, para estimar la concentración de sulfatos se debe realizar una curva de calibración comparándola con la lectura de turbidez. El siguiente paso es la corrección del color de la muestra y la turbidez por medio de espacios en blanco. Finalmente calcular la concentración de sulfatos por medio de las curvas de calibración de las soluciones tampón utilizadas.

Sulfuros (S)

La concentración de sulfuros es analizada mediante la técnica Espectrofotometría, HACH Method 8131, en la cual 1 mL de la muestra debe ser tomada y diluida en agua tipo I. Seguidamente el espectrofotómetro es encendido y programado. A su vez, el blanco debe ser preparado y colocado dentro del equipo. A continuación, debe preparar la muestra al agregarle 1 ml de reactivo de sulfuro. Colocar dentro del equipo y leer los resultados obtenidos. El Anexo VIII muestra en mayor detalle el procedimiento a seguir

Dureza Total

PE-15/ SM Ed.23, 2017, 2340 C/ Volumetría, es la metodología a seguir en este parámetro. Previamente para el análisis se debe preparar la solución tampón, el indicador y el inhibidor;

puntualizadas en el Anexo IX. Además, se debe considerar que para iniciar el procedimiento de análisis debe ser realizado a la luz del día y la muestra debe recibir un pretratamiento de digestión. Para determinar su concentración el primer paso es seleccionar un volumen de muestra que requiera una pequeña cantidad del titulador EDTA para completar la titulación. En el segundo paso debe diluirse la muestra con agua destilada, agregar 1 mL de solución tampón para obtener un pH de 10. Seguidamente colocar un inhibidor, gotas de indicador y colocar lentamente el EDTA hasta que un color rojizo haya desaparecido. En el punto final la solución se torna de color azul y debe proceder a calcular la dureza como se muestra en el Anexo IX.

Tensoactivos

La metodología adecuada para determinar su concentración es PE-03/ SM Ed.23, 2017, 5540 C / Espectrofotometría VIS / Anionic Surfactants as MBAS. En el cual se puede diferenciar cinco etapas o fases que pueden encontrarse en el Anexo X.

En la etapa “a” se presenta la preparación de una curva de calibración inicial que por lo mínimo cinco estándares cumplan con el rango de concentración referenciado. Por otra parte, debe preparar embudos de decantación para un blanco de reactivo y los estándares seleccionados. Enseguida trazar una curva de absorbancia vs lo mg de LAS tomados. La fase “b” selecciona un volumen de la muestra en base a la concentración esperada de MBAS. Si la concentración es superior a la esperada debe diluir la muestra con agua. La parte “c” evita la decoloración por sulfuro incrementando gotas de H_2O_2 .

El emparejamiento y extracción de iones sucede en la etapa “d”. El primer paso es agregar la muestra a un embudo alcanzarla con hidróxido de sodio. Seguidamente agregar $CHCl_3$ y reactivo de azul de metileno. Dejar que las muestras se separen con ayuda de un agitador

extraer la capa de $CHCl_3$. En un segundo embudo repetir esto dos veces más. Después se combinan todos los extractos de $CHCl_3$ en el segundo embudo. Agregar solución de lavado. Se extrae nuevamente el $CHCl_3$ que es traspasado a un matraz con ayuda de un embudo repitiendo dos veces más esta acción. Por último, la fase final es la medición de la absorbancia a 652 nm frente a un blanco de $CHCl_3$.

3.5 Análisis estadístico

Después de tomar los datos de concentración de cada uno de los parámetros estudiados en las muestras de agua. Estos fueron procesados en el programa [®]Minitab16 especializado en el análisis estadístico. Se obtuvieron datos de media, mediana, desviación estándar, varianza, valores máximos, valores mínimos, cuartiles.

En cuanto, al diseño experimental, en la Tabla 4 se muestra la aplicación de un diseño de bloques completos aleatorizados para cada parámetro analizado.

El análisis de varianza (ANOVA) fue llevado a cabo con un nivel de confianza del 95% ($\alpha=0.05$) en el cual se estableció relaciones entre la concentración de cada parámetro de las muestras de agua con el Día, la Hora, el Punto de toma de muestra, interacciones Hora*Punto, Hora*Día, Día*Punto, Hora*Día*Punto. Las cuales se representan mediante gráficos en el capítulo de resultados y discusión. Además, se realizaron comparaciones de las concentraciones con la norma vigente en el Ecuador.

Para ejercer de cierta manera un control de calidad del total de 18 muestras obtenidas. Se efectuaron réplicas en el 10% de dichas muestras. Para efectuar el procedimiento de elección de

muestras a ser replicadas se tomó en cuenta los días y horas de mayor producción de la industria de curtiembres. De este modo se verificó la precisión del estudio.

CAPÍTULO IV

4 Resultados Y Discusión

4.1 Análisis de las muestras

Para llevar a cabo la presente investigación se analizó aspectos fundamentales. Las muestras de agua y la normativa expuesta en el registro oficial 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 (Ministerio del Ambiente, 2015).

Las muestras de agua se obtuvieron en el sector rural de la ciudad de Salcedo. Se consideraron tres puntos, tres días, y dos horas diferentes para la toma de muestras. Se estudiaron diversos parámetros importantes como son Caudal, pH, Temperatura, Dureza Total, Aceites y grasas, Cromo total, Demanda bioquímica de oxígeno DBO₅, Demanda química de oxígeno DQO, Oxígeno disuelto, Sólidos totales, Sulfatos (SO₄), Sulfuros (S), Tensoactivos. En la Tabla 5; se muestra los valores medidos y de concentración de cada uno de los parámetros estudiados en las muestras de agua tomadas.

Se ejecutó un estudio comparativo entre puntos, días, horas con respecto a las mediciones y concentraciones obtenidas. Así también se realizó comparaciones respecto a los límites máximos establecidos. A continuación, se muestra a detalle los análisis efectuados para cada uno de los parámetros estudiados.

Tabla 5

Resultados de la concentración para muestras de agua analizadas

Número de muestra	Día	Punto	Hora	Etiqueta	Caudal (L/s)	pH	Temperatura (°C)	Aceites y Grasas (mg/L)	Cromo Total (mg/L)	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	Dureza Total (mg/L)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Sólidos Totales (mg/L)	Sulfatos (mg/L)	Sulfuros (mg/L)	Tensoactivos (mg/L)
1	Martes	P1	09H 00	D2P1H1	2.01 9	1 1	17.7	2.5	2.15	991.0 0	3,310. 00	931.0 0	0	9,718.0 0	1,050. 00	185.0 0	5.1
8	Miércoles	P3	09H 00	D3P3H1	4.64 5	1 1	18.2	2.5	2.27	1,021. 00	3,730. 00	980.0 0	0	10,048. 00	1,150. 00	175.0 0	4.8
15	Sábado	P2	12H 00	D1P2H2	2.48 8	1 1	19.2	2.5	2.89	882.0 0	3,020. 00	733.0 0	0	8,046.0 0	1,020. 00	165.0 0	7.6
16	Martes	P3	12H 00	D2P3H2	3.68 9	1 1	18.1	2.5	1.95	922.0 0	3,410. 00	1,020. 00	0	10,010. 00	1,025. 00	190.0 0	6.1
9	Sábado	P3	09H 00	D1P3H1	2.11 3	1 1	17.8	2.5	2.67	689.0 0	3,050. 00	752.0 0	0	7,816.0 0	1,040. 00	190.0 0	6.1

Número de muestra	Día	Punto	Hora	Etiqueta	Caudal (L/s)	pH	Temperatura (°C)	Aceites y Grasas (mg/L)	Cromo Total (mg/L)	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	Dureza Total (mg/L)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Sólidos Totales (mg/L)	Sulfatos (mg/L)	Sulfuros (mg/L)	Tensoactivos (mg/L)
12	Sábado	P1	12H	D1P1H2	2.75	1	18.5	2.5	2.83	957.0	2,980.	762.0	0	8,000.0	1,000.	163.0	7.1
			00		2	1				0	00	0		0	00	0	
6	Sábado	P2	09H	D1P2H1	2.48	1	17.5	2.5	3.24	733.0	2,880.	752.0	0	7,782.0	1,040.	176.0	6.4
			00		4	1				0	00	0		0	00	0	
2	Miércoles	P1	09H	D3P1H1	3.11	1	19.7	2.5	1.72	1,000.	3,270.	921.0	0	10,016.	1,175.	190.0	6.1
			00		2	1				00	00	0		00	00	0	
11	Miércoles	P1	12H	D3P1H2	3.37	1	20.3	2.5	2.28	1,494.	3,680.	1,000.	0	9,654.0	1,100.	182.0	4.3
			00		8	1				00	00	00		0	00	0	
14	Miércoles	P2	12H	D3P2H2	4.33	1	19.9	2.5	2.41	1,230.	3,490.	960.0	0	9,610.0	1,125.	190.0	12.1
			00		7	1				00	00	0		0	00	0	
10	Martes	P1	12H	D2P1H2	2.96	1	19.4	2.5	2.02	1,252.	3,380.	970.0	0	9,980.0	1,050.	200.0	4.6
			00		6	1				00	00	0		0	00	0	

Número de muestra	Día	Punto	Hora	Etiqueta	Caudal (L/s)	pH	Temperatura (°C)	Aceites y Grasas (mg/L)	Cromo Total (mg/L)	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	Dureza Total (mg/L)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Sólidos Totales (mg/L)	Sulfatos (mg/L)	Sulfuros (mg/L)	Tensoactivos (mg/L)
18	Sábado	P3	12H	D1P3H2	1.02	1	19.1	2.5	3.14	693.0	3,300.	743.0	0	8,090.0	960.0	186.0	7.4
			00		6	1				0	00	0		0	0	0	
5	Miércoles	P2	09H	D3P2H1	3.71	1	18.2	2.5	2.11	1,142.	3,280.	941.0	0	10,082.	1,125.	184.0	7.7
			00		8	1				00	00	0		00	00	0	
17	Miércoles	P3	12H	D3P3H2	4.89	1	20.8	2.5	2.13	1,293.	3,520.	1,020.	0	9,552.0	1,125.	197.0	6.2
			00			1				00	00	00		0	00	0	
4	Martes	P2	09H	D2P2H1	3.37	1	16.8	2.5	2.34	1,015.	3,350.	1,020.	0	9,748.0	950.0	170.0	5.8
			00		3	1				00	00	00		0	0	0	
3	Sábado	P1	09H	D1P1H1	2.21	1	19.00	2.5	3.31	851.0	3,110.	733.0	0	7,692.0	1,020.	176.0	8.5
			00		1	1				0	00	0		0	00	0	
7	Martes	P3	09H	D2P3H1	1.73	1	17.1	2.5	2.12	1,081.	3,350.	1,010.	0	9,740.0	1,025.	192.0	5.00
			00		4	1				00	00	00		0	00	0	

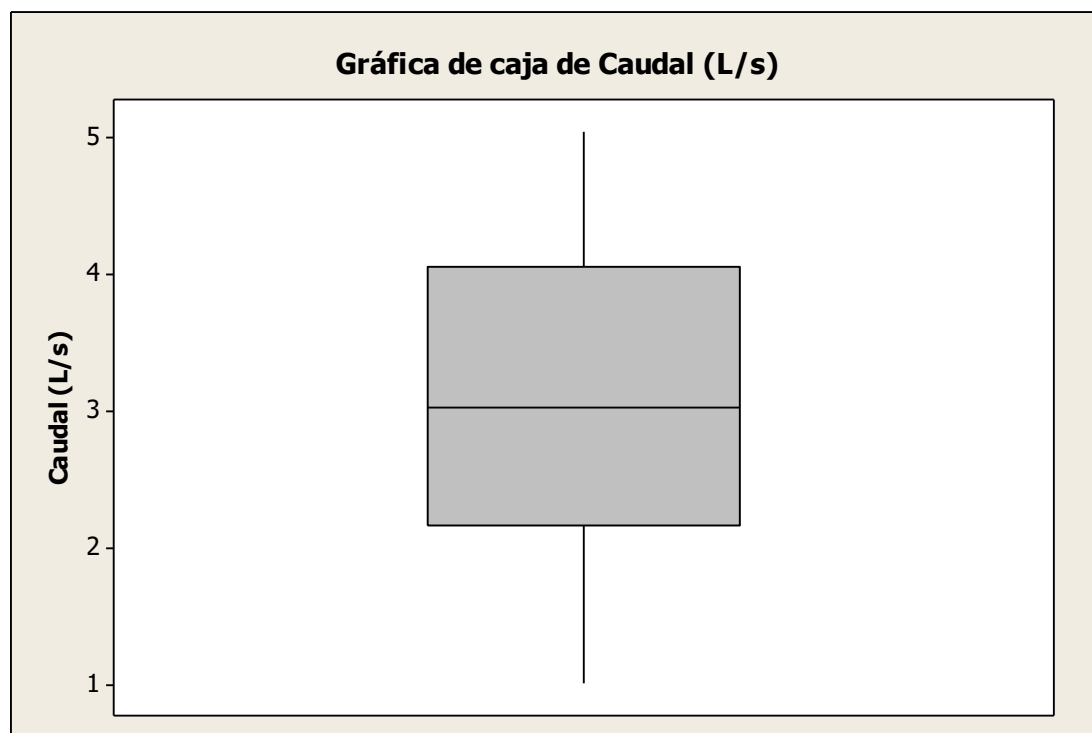
Número de muestra	Día	Punto	Hora	Etiqueta	Caudal (L/s)	pH	Temperatura (°C)	Aceites y Grasas (mg/L)	Cromo Total (mg/L)	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	Dureza Total (mg/L)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Sólidos Totales (mg/L)	Sulfatos (mg/L)	Sulfuros (mg/L)	Tensoactivos (mg/L)
13	Martes	P2	12H 00	D2P2H2	4.17 8	1 1	18.1	2.5	2.11	950.0 0	3,230.0 00	1,000.0 00	0	10,030.0 00	1,075.0 00	160.0 0	7.1
19	Martes	P1	09H 00	R1D2P1 H1	2.16 3	1 1	17.6	2.5	2.01	1,219.0 00	3,240.0 00	1,010.0 00	0	9,756.0 0	950.0 0	200.0 0	5.2
20	Miércoles	P3	12H 00	R2D3P3 H2	5.03 9	1 1	20.3	2.5	2.11	1,151.0 00	3,520.0 00	980.0 0	0	9,608.0 0	1,100.0 00	195.0 0	5.8

4.1.1 Caudal

Se efectuó el análisis comparativo entre la hora, los días, los puntos respecto a los caudales obtenidos. Fueron analizadas 20 muestras en esta variable. Posee una media de 3.116 L/s. Un error estándar de la media igual a 0.250. Un valor máximo de 5.039 L/S y un valor mínimo de 1.026 L/s. La mediana es de 3.039. Los cuartiles son 2.175 y 4.063. Cuenta con una desviación estándar de 1.119. Su varianza es 1.252. El coeficiente de variación obtenido fue de 35.91 como se puede observar en la Figura 2.

Figura 2

Gráfica de caja del parámetro Caudal



El análisis de varianza se realizó con un nivel de confianza del 95%, el mismo que dispone de diecinueve grados de libertad. La Figura 3 muestra que los datos no tienen un ajuste favorable a la recta normal (gráfica de probabilidad normal). La varianza tiende a ser constante (Residuos vs ajuste) y existe dependencia de los residuos (Residuos vs orden).

Como indica la Tabla 6, la hipótesis nula es aceptada para la interacción Hora*Punto. Mientras que, para el resto de factores e interacciones la hipótesis nula es rechazada. Concluyendo que el factor Hora*Punto no es una fuente de variabilidad para el parámetro caudal a diferencia del resto de factores que provocan variabilidad.

En la Figura 4, el factor hora posee medias diferentes en cada uno de sus niveles. El factor punto tiene medias iguales en los niveles P1 y P3 y diferente para el nivel P2. En tanto que para el factor día, presenta una diferencia significativa entre todos sus niveles mostrado en la Tabla 7. Por último, en la Figura 5 se verifica que las interacciones no generan variabilidad.

Figura 3

Gráficas 4 en 1 de residuos para el parámetro Caudal

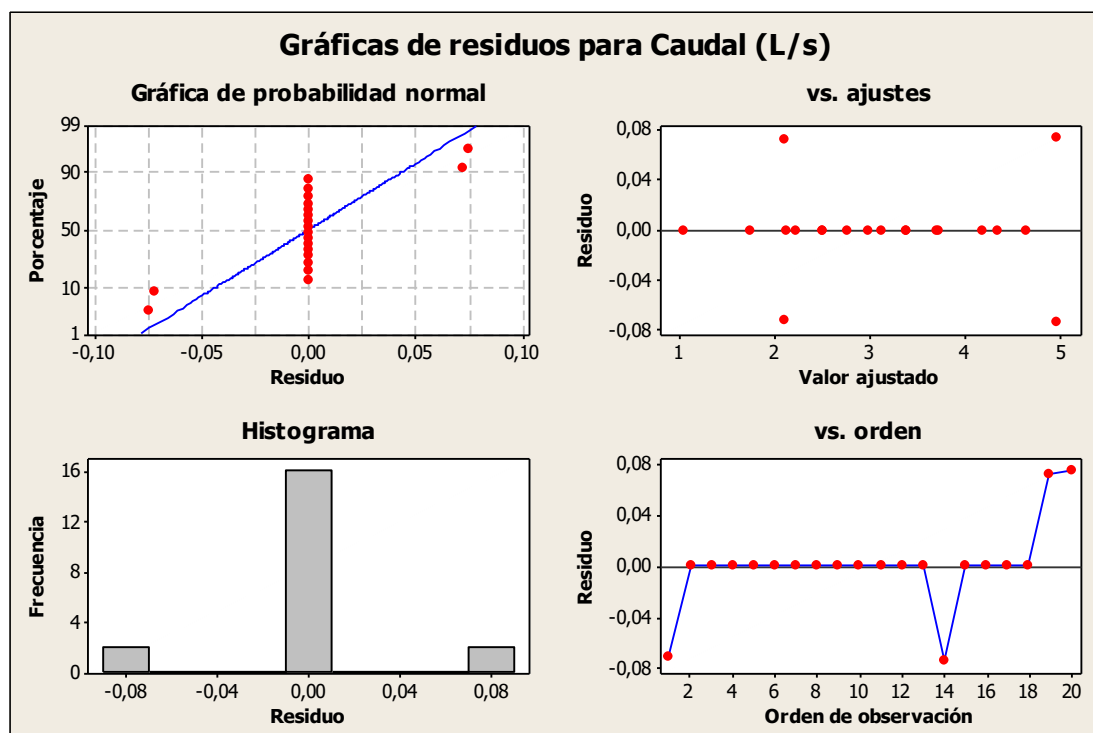


Tabla 6

ANOVA para el parámetro Caudal

Parámetro	GL	Sc Sec.	Sc Ajust.	CM 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

Parámetro	GL	Sc Sec.	Sc Ajust.	CM Ajust.	F	P
Hora*Día	2	1.5128	1.5395	0.7698	71.71	0.014
Punto*Día	4	4.3760	4.3551	1.0888	101.43	0.01
Hora*Punto*Día	4	1.144	1.1444	0.2861	26.65	0.036
Error	2	0.0215	0.0215	0.0107		
Total	19	23.7905				

Tabla 7

Método de Tukey para el parámetro Caudal

Día	N	Media	Agrupación
Miércoles	7	4.00	A
Martes	7	3.00	B
Sábado	6	2.2	C
Hora	N	Media	Agrupación
12H00	10	3.3	A
09H00	10	2.8	B
Punto	N	Media	Agrupación
P2	6	3.4	A
P3	7	3.00	B
P1	7	2.8	B

Figura 4

Gráfica de efectos principales para el parámetro Caudal

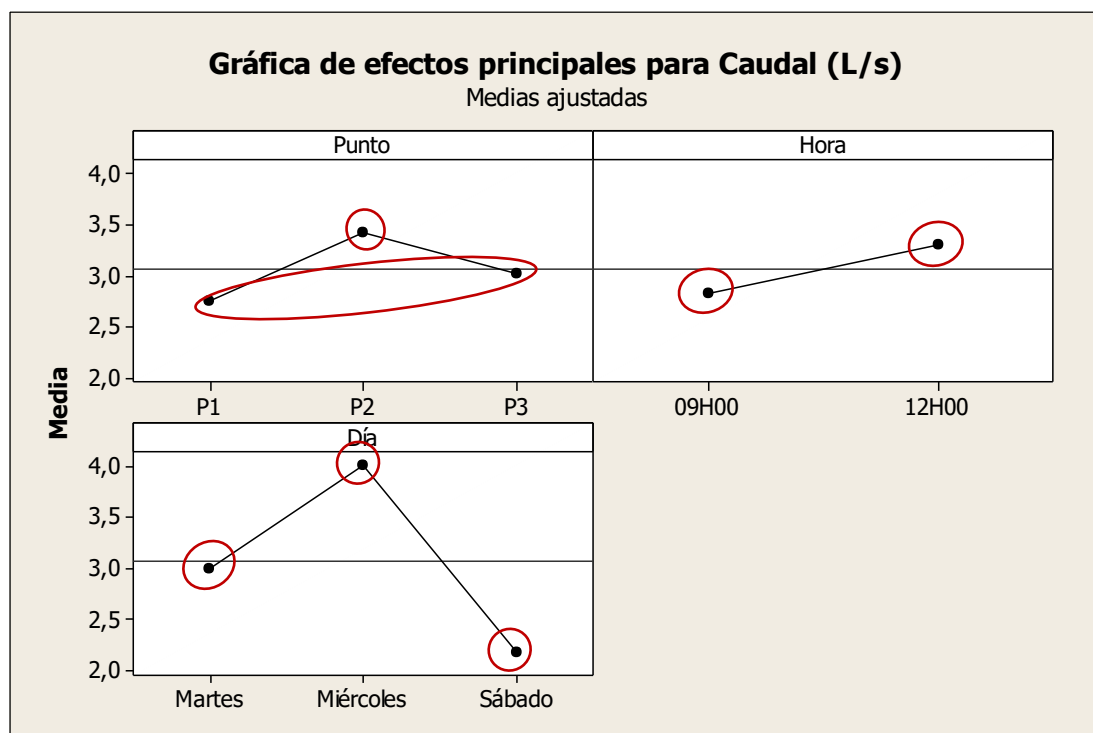
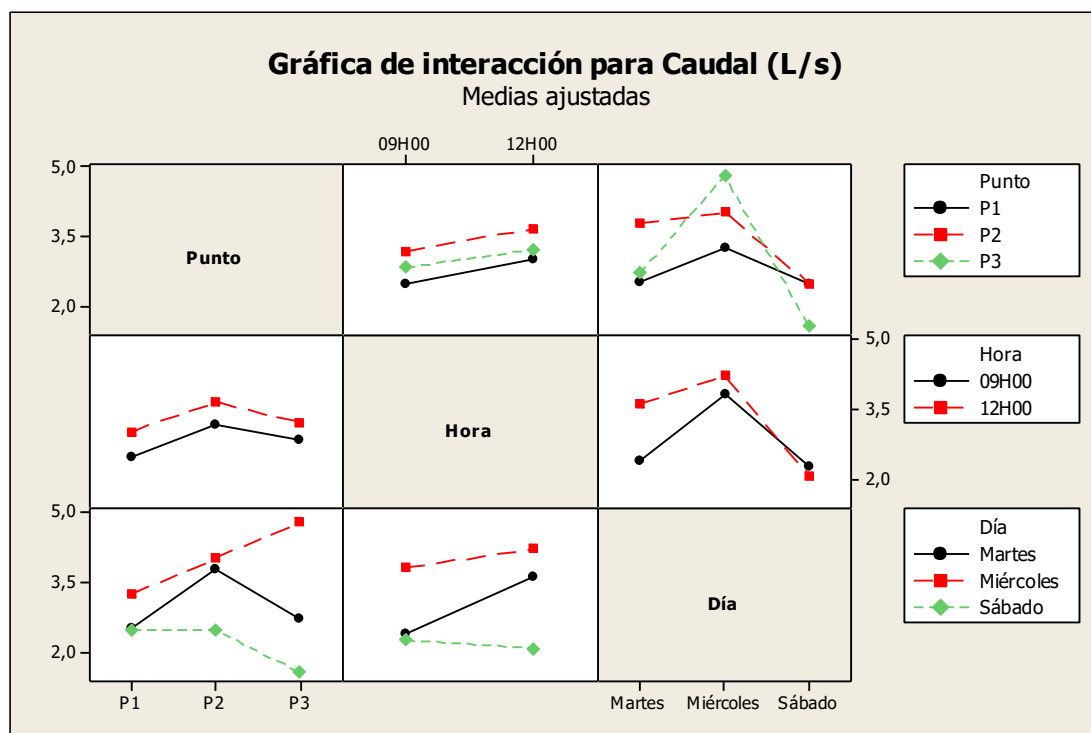


Figura 5

Gráfica de interacción para el parámetro Caudal



4.1.2 pH

En este parámetro tanto para los días, sábado, martes, miércoles; como para los puntos P1, P2, P3 y las horas 09H00 y 12H00 se obtuvo un pH igual a 11.00

4.1.3 Temperatura

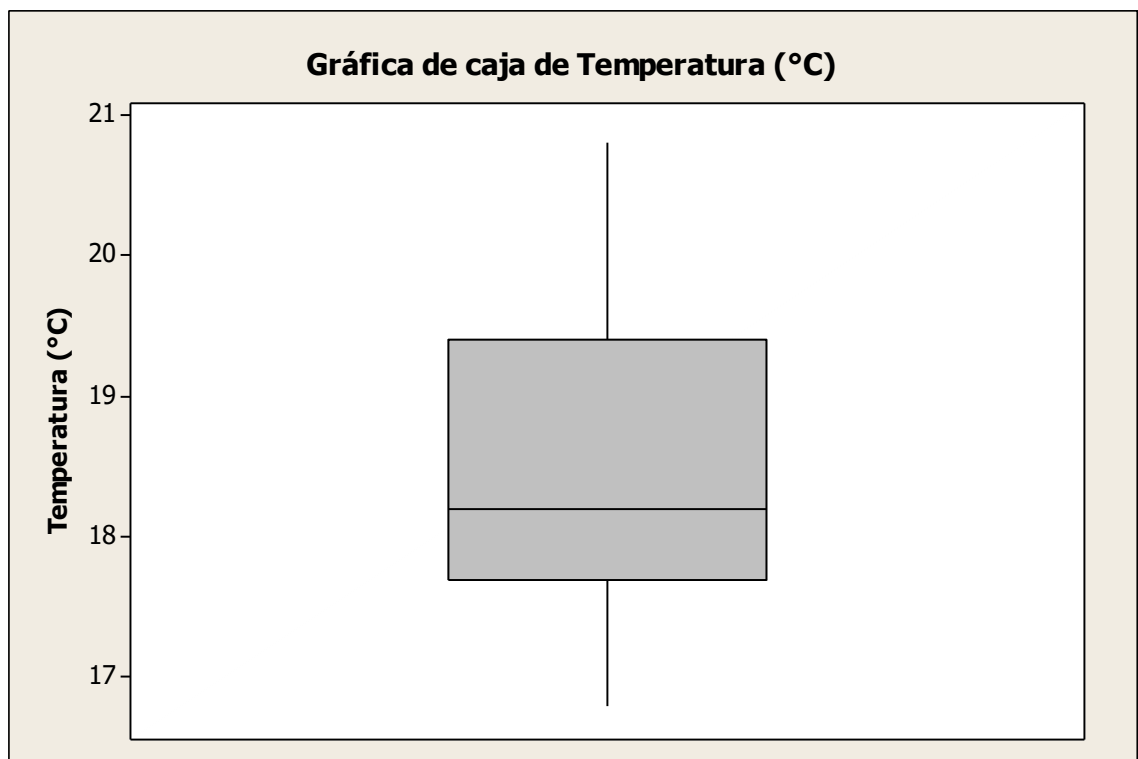
En esta variable fueron analizadas 20 muestras, el parámetro temperatura posee una media de 18.665 °C. Un error estándar de la media igual a 0.256. Tiene un valor máximo de 20.8

°C. Un valor mínimo de 16.8 °C. La mediana es de 18.350. Los cuartiles son 17.725 y 19.625.

Cuenta con una desviación estándar de 1.143. Su varianza es 1.307. El coeficiente de variación obtenido fue de 6.12 como se puede observar en la Figura 6.

Figura 6

Gráfica de caja del parámetro Temperatura



El análisis de varianza se realizó con un nivel de confianza del 95%, el mismo que dispone de diecinueve grados de libertad. La Figura 7 muestra que los datos no tienen un ajuste favorable a la recta normal (gráfica de probabilidad normal). La varianza tiende a ser constante (Residuos vs ajuste) y existe dependencia de los residuos (Residuos vs orden). Como indica la

Tabla 8, la hipótesis nula es rechazada para los factores hora, día. Mientras que, para el factor punto y las interacciones la hipótesis nula es aceptada. Concluyendo que los factores hora, día son fuentes de variabilidad para el parámetro temperatura.

En la Figura 8, el factor hora presenta diferencias significativas. Por otro lado, el factor punto presenta una media similar para cada uno de sus niveles. Para el factor día la media es similar para los días sábado y martes. Mientras que, para el día miércoles la media es superior mostrado en la Tabla 9. Finalmente, en la Figura 9 se verifica que las interacciones no generan variabilidad.

Figura 7

Gráficas 4 en 1 de residuos para el parámetro Temperatura

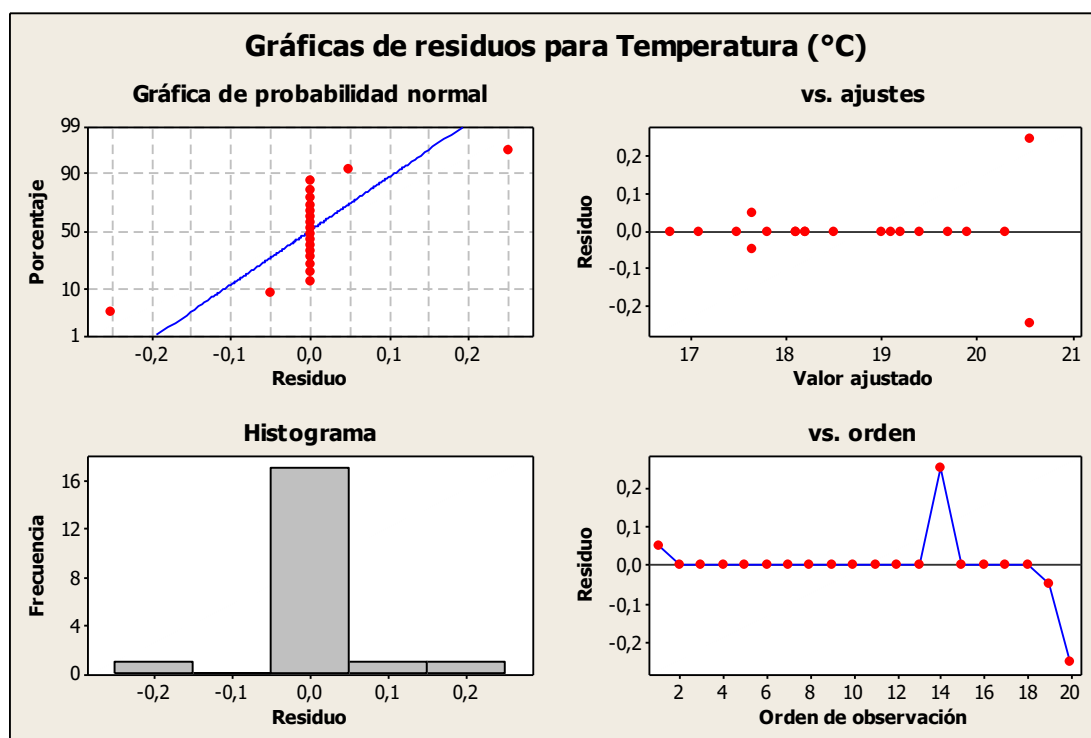


Tabla 8*ANOVA para el parámetro Temperatura*

Parámetro	GL	Sc Sec.	Sc Ajust.	CM 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	0.13	0.13	0.0650		
Total	19	24.8255				

Tabla 9*Método de Tukey para el parámetro Temperatura*

Día	N	Media	Agrupación
Miércoles	7	19.5	A
Martes	6	18.5	B
Sábado	7	17.9	B
Hora	N	Media	Agrupación
12H00	10	19.2	A
09H00	10	18.00	B

Punto	N	Media	Agrupación
P1	7	19.1	A
P3	7	18.5	A
P2	6	18.3	B

Figura 8

Gráfica de efectos principales para el parámetro Temperatura

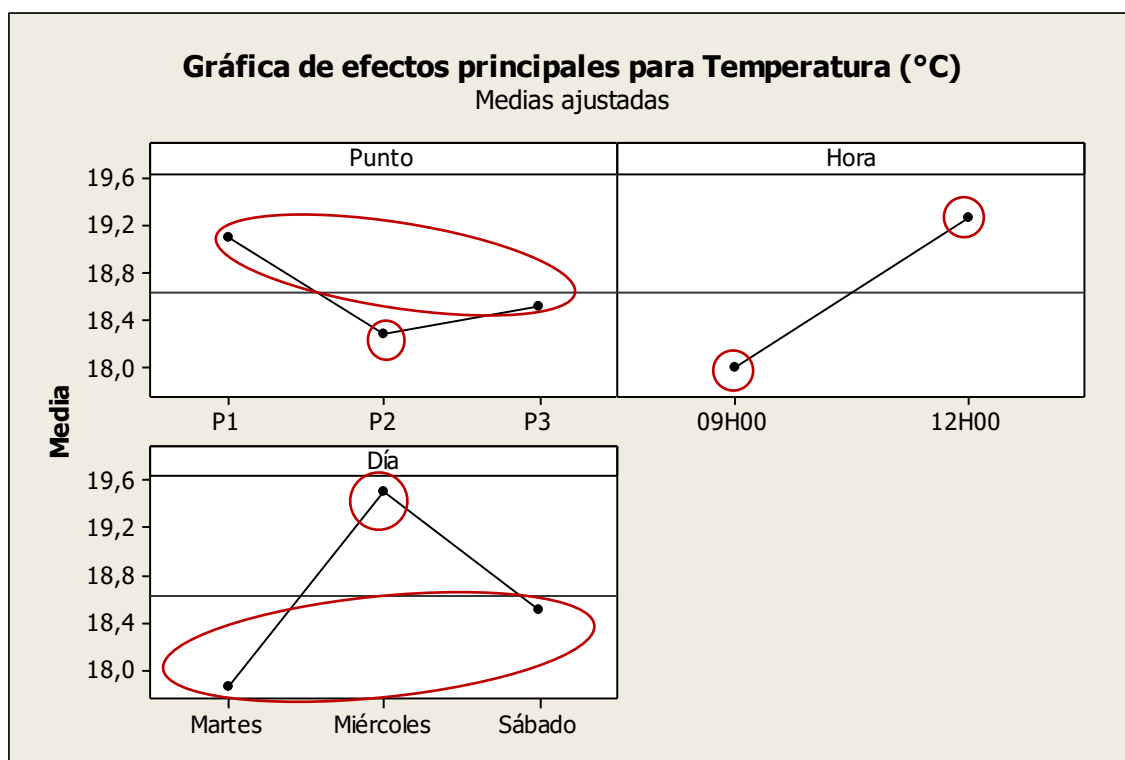
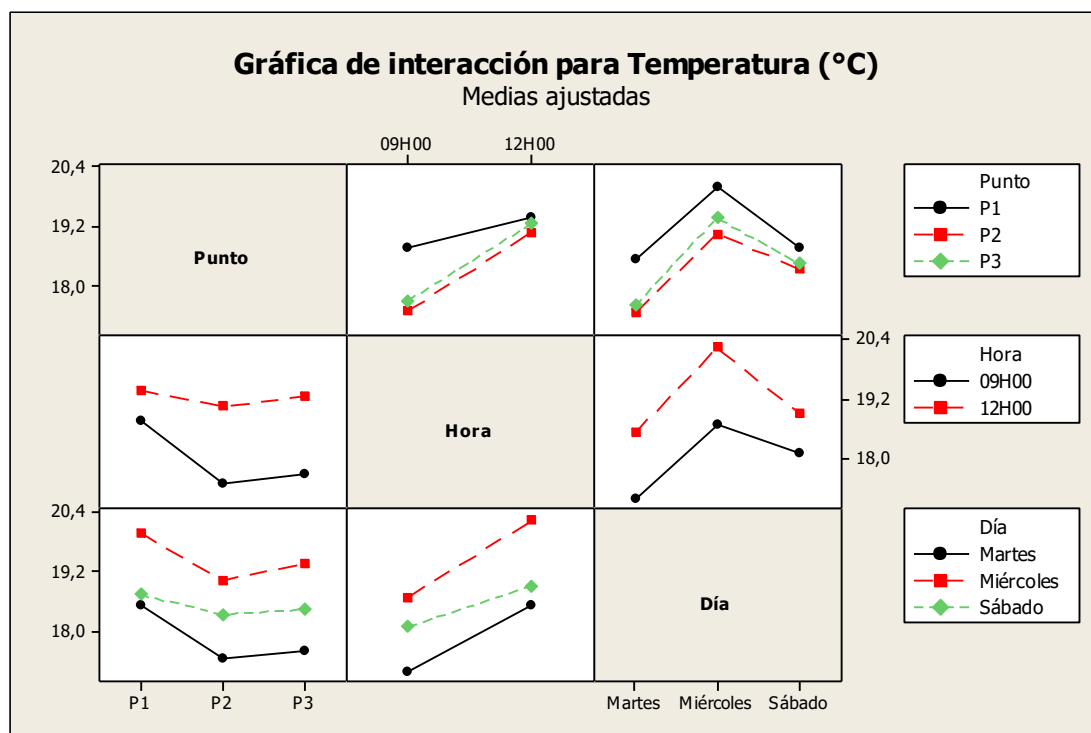


Figura 9

Gráfica de interacción para el parámetro Temperatura



4.1.4 Aceites y grasas

Los aceites y grasas tanto para los días, sábado, martes, miércoles; como para los puntos P1, P2, P3 y las horas 09H00 y 12H00 se obtuvo una concentración menor a 5 mg/L.

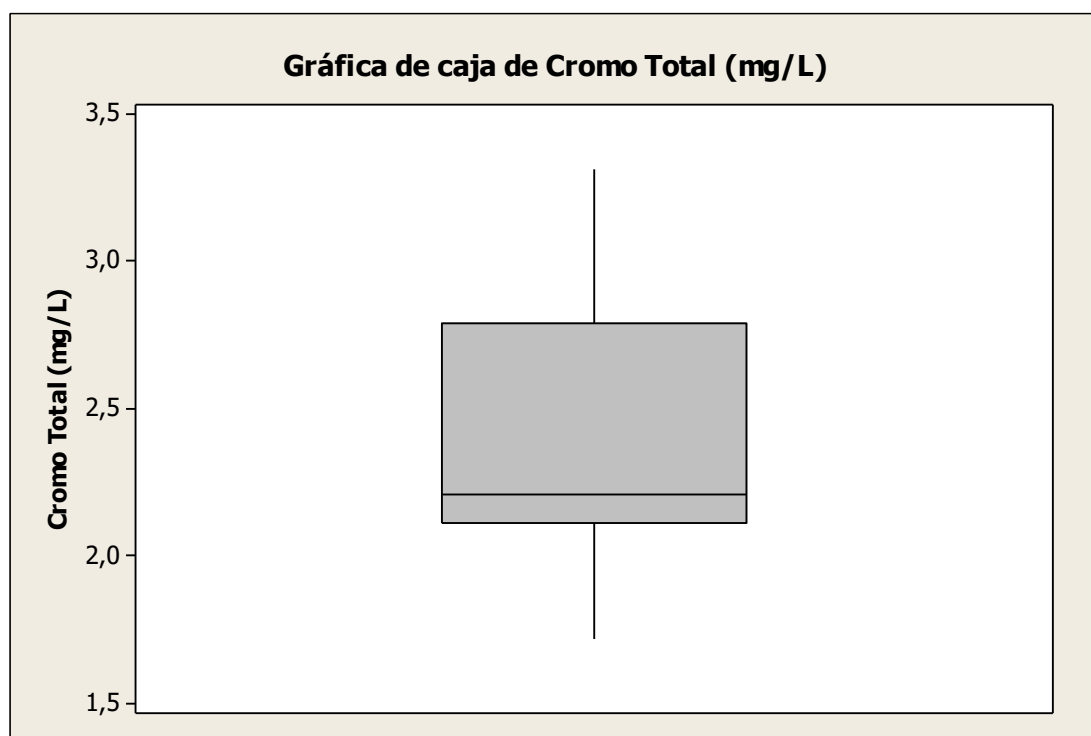
4.1.5 Cromo total

En el análisis comparativo entre la hora, los días, los puntos respecto al cromo total muestra que fueron analizadas 20 muestras. Este parámetro posee una media de 2.391 mg/L.

Un error estándar de la media igual a 0.103. Tiene un valor máximo de 3.310 mg/L y un valor mínimo de 1.720 mg/L. La mediana es de 2.210; los cuartiles son 2.110 y 2.790. Cuenta con una desviación estándar de 0.461. Su varianza es 0.213. El coeficiente de variación obtenido fue de 19.29 como se puede observar en la Figura 10.

Figura 10

Gráfica de caja del parámetro Cromo Total



El análisis de varianza se realizó con un nivel de confianza del 95%, el mismo que dispone de diecinueve grados de libertad. La Figura 11 muestra que los datos no tienen un ajuste favorable a la recta normal (gráfica de probabilidad normal). La varianza tiende a ser constante

(Residuos vs ajuste) y existe dependencia de los residuos (Residuos vs orden). Como indica la Tabla 10, la hipótesis nula se rechaza para el factor día y para la interacción triple Hora*Punto*Día. Para el resto de factores e interacciones la hipótesis nula es aceptada. Concluyendo así que el factor día, y la interacción triple generan variabilidad para el cromo total.

En la Figura 12, los factores hora y punto poseen medias iguales. En tanto que, para el factor día los niveles martes y miércoles presentan una media similar. Mientras que para el sábado existe una diferencia significativa mostrado en la Tabla 11. Para culminar, en la Figura 13 se verifica que las interacciones no generan variabilidad.

Figura 11

Gráficas 4 en 1 de residuos para el parámetro Cromo Total

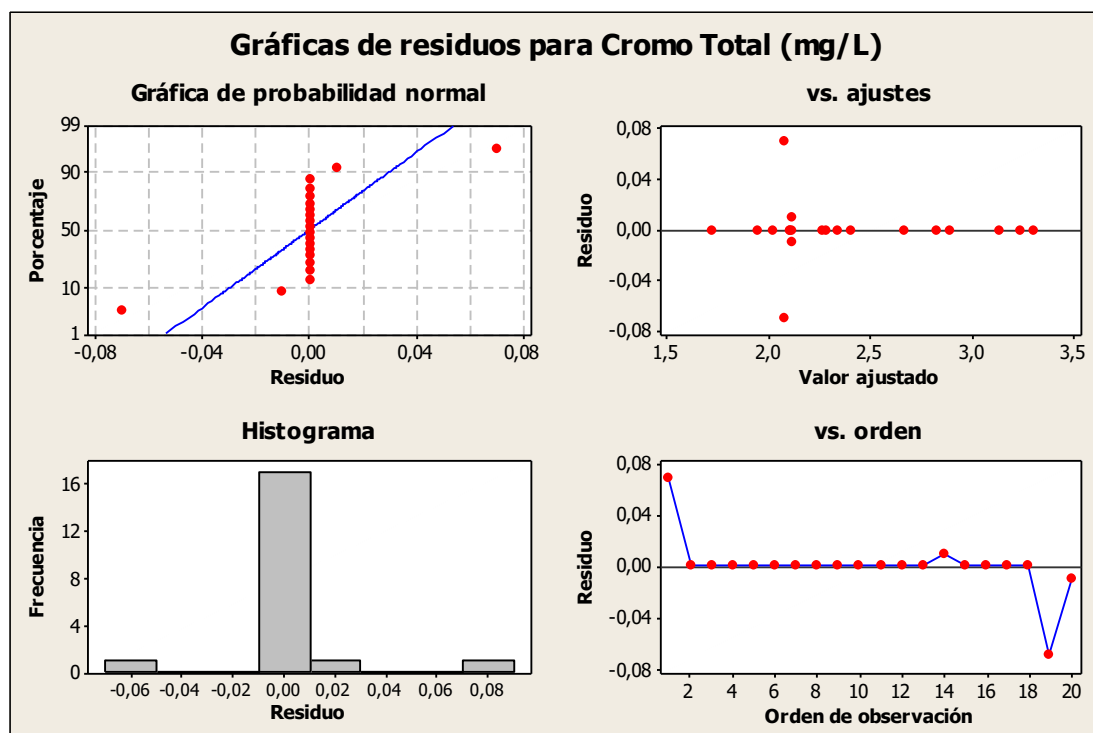


Tabla 10

ANOVA para el parámetro Cromo Total

Parámetro	GL	Sc Sec.	Sc Ajust.	CM Ajust.	F	P
Hora	1	0.00025	0.00071	0.00071	0.14	0.742
Punto	2	0.13687	0.08168	0.04084	8.17	0.109
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

Parámetro	GL	Sc Sec.	Sc Ajust.	CM Ajust.	F	P
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	0.01	0.01	0.005		
Total	19	4.03990				

Tabla 11

Método de Tukey para el parámetro Cromo Total

Día	N	Media	Agrupación
Miércoles	7	2.2	B
Martes	7	2.1	B
Sábado	6	3.00	A
Hora	N	Media	Agrupación
12H00	10	2.4	A
09H00	10	2.4	A
Punto	N	Media	Agrupación
P1	7	2.4	A
P3	7	2.4	A
P2	6	2.5	A

Figura 12

Gráfica de efectos principales para el parámetro Cromo Total

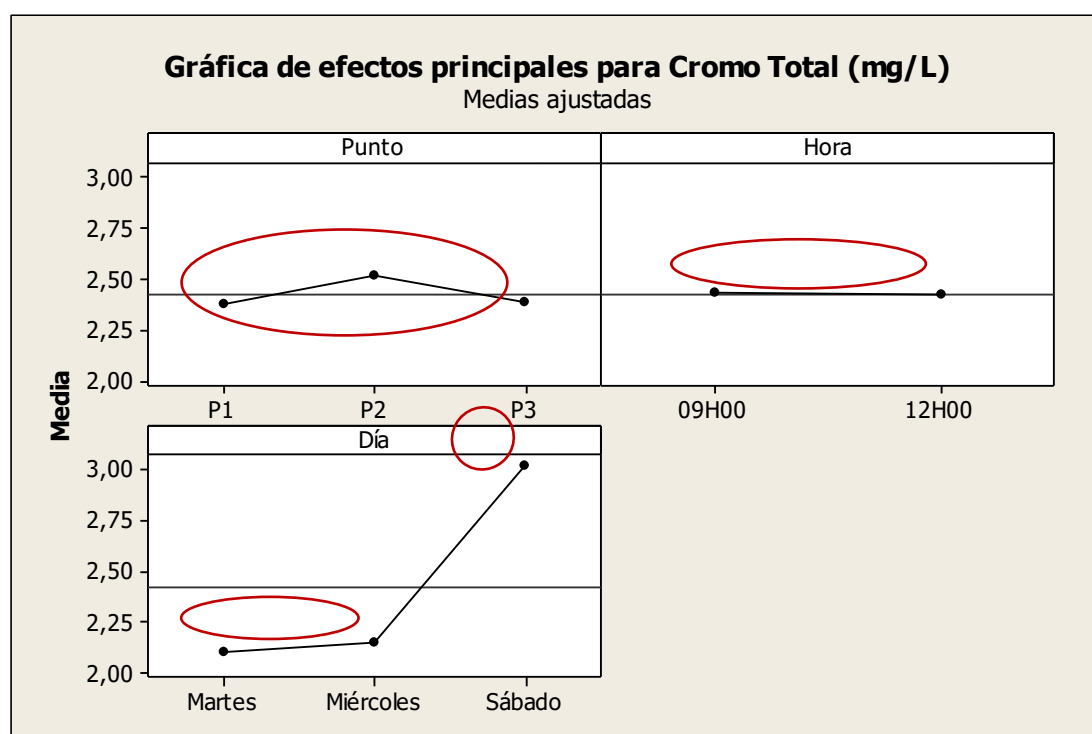
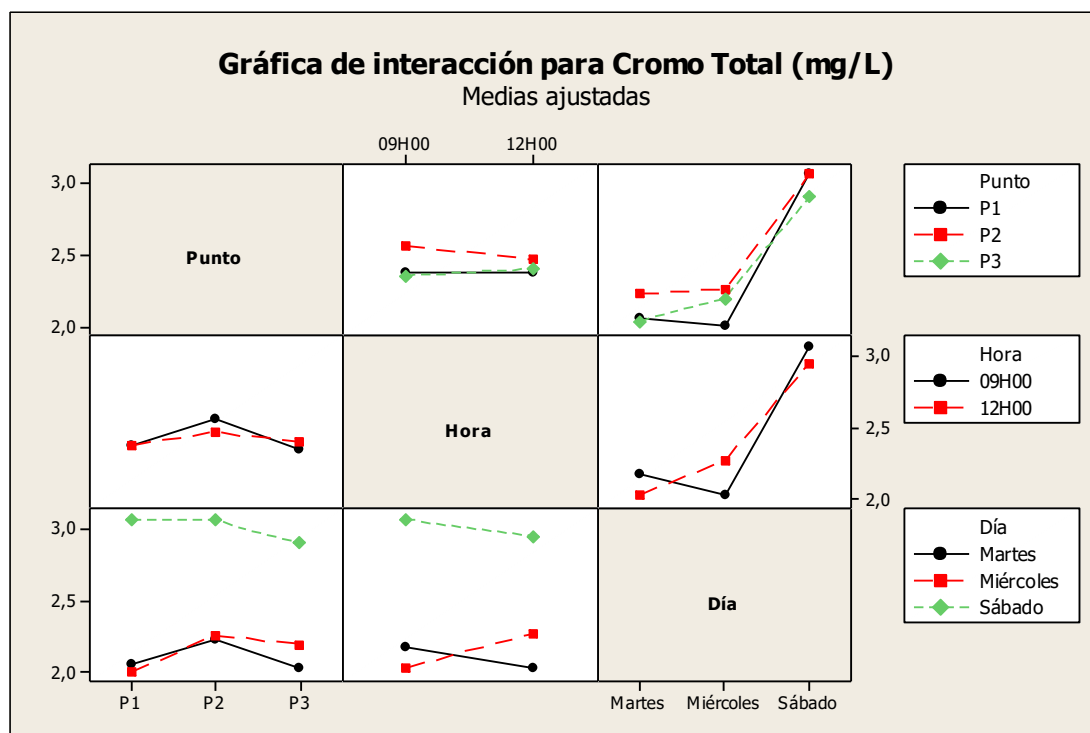


Figura 13

Gráfica de interacción para el parámetro Cromo Total

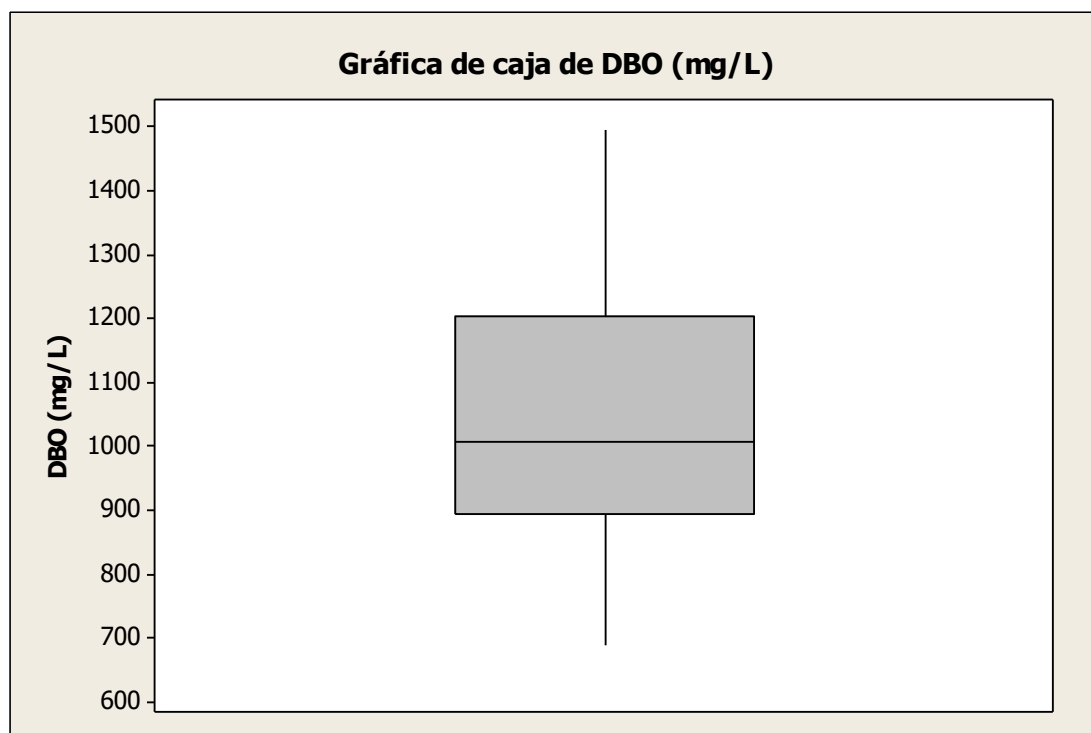


4.1.6 Demanda bioquímica de oxígeno DBO₅

Se efectuó el análisis comparativo entre la hora, los días, los puntos respecto a los caudales obtenidos. Fueron analizadas 20 muestras en esta variable. Posee una media de 1,028.3 mg/L. Un error estándar de la media igual a 46.9. Tiene un valor máximo de 1,494.00 mg/L y un valor mínimo de 689.00 mg/L. La mediana es de 1,007.5. Los cuartiles son 892.00 y 1,202.00. Cuenta con una desviación estándar de 209.9. Su varianza es 44,096.6. El coeficiente de variación obtenido fue de 20.42 como se puede observar en la Figura 14.

Figura 14

Gráfica de caja del parámetro DBO



El análisis de varianza se realizó con un nivel de confianza del 95%, el mismo que dispone de diecinueve grados de libertad. La Figura 15 muestra que los datos no tienen un ajuste favorable a la recta normal (gráfica de probabilidad normal). La varianza tiende a ser constante (Residuos vs ajuste) y existe dependencia de los residuos (Residuos vs orden). Como indica la Tabla 12, la hipótesis nula es aceptada para cada uno de los factores e interacciones. Concluyendo así que no existe variabilidad para el DBO_5 . En la Figura 16, los factores hora, punto y día poseen medias significativamente similares mostrado en la Tabla 13. Por último, en la Figura 17 se verifica que las interacciones no generan variabilidad.

Figura 15

Gráficas 4 en 1 de residuos para el parámetro DBO

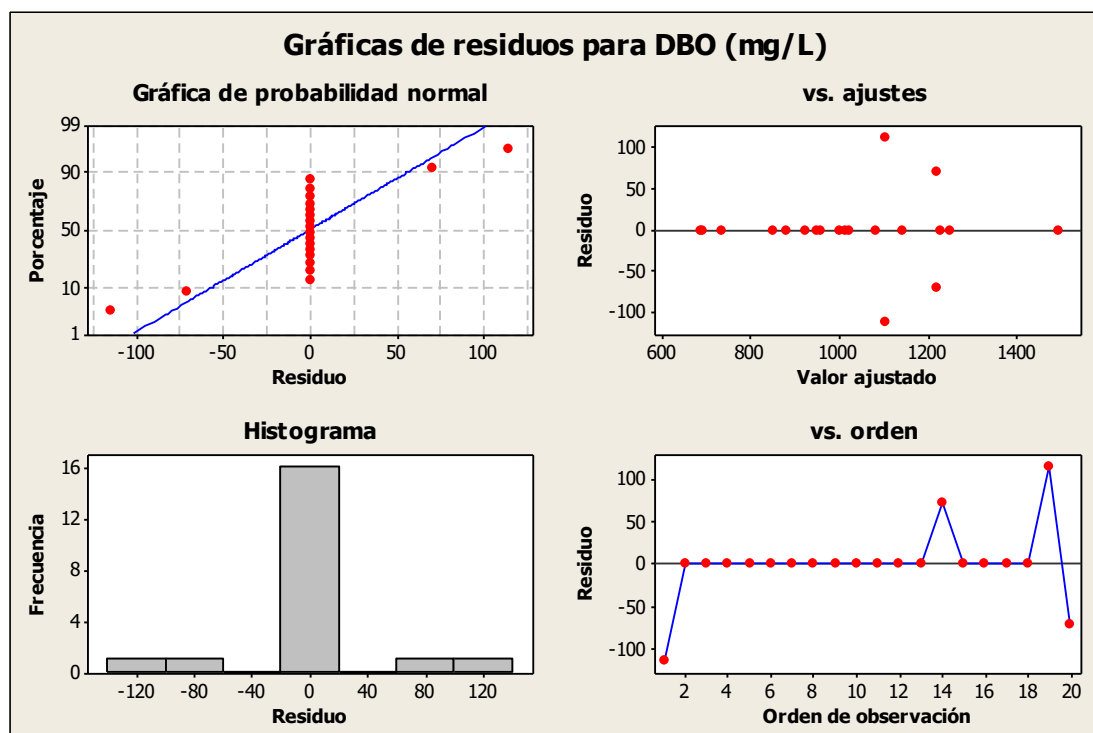


Tabla 12

ANOVA para el parámetro DBO

Parámetro	GL	Sc Sec.	Sc Ajust.	CM 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

Parámetro	GL	Sc Sec.	Sc Ajust.	CM Ajust.	F	P
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				

Tabla 13

Método de Tukey para el parámetro DBO

Día	N	Media	Agrupación
Miércoles	7	1,184.8	A
Martes	7	1,054.2	A
Sábado	6	800.8	A
Hora	N	Media	Agrupación
12H00	10	1,066.9	A
09H00	10	959.7	A
Punto	N	Media	Agrupación
P1	7	1,109.8	A
P3	7	938.00	A
P2	6	992.00	A

Figura 16

Gráfica de efectos principales para el parámetro DBO

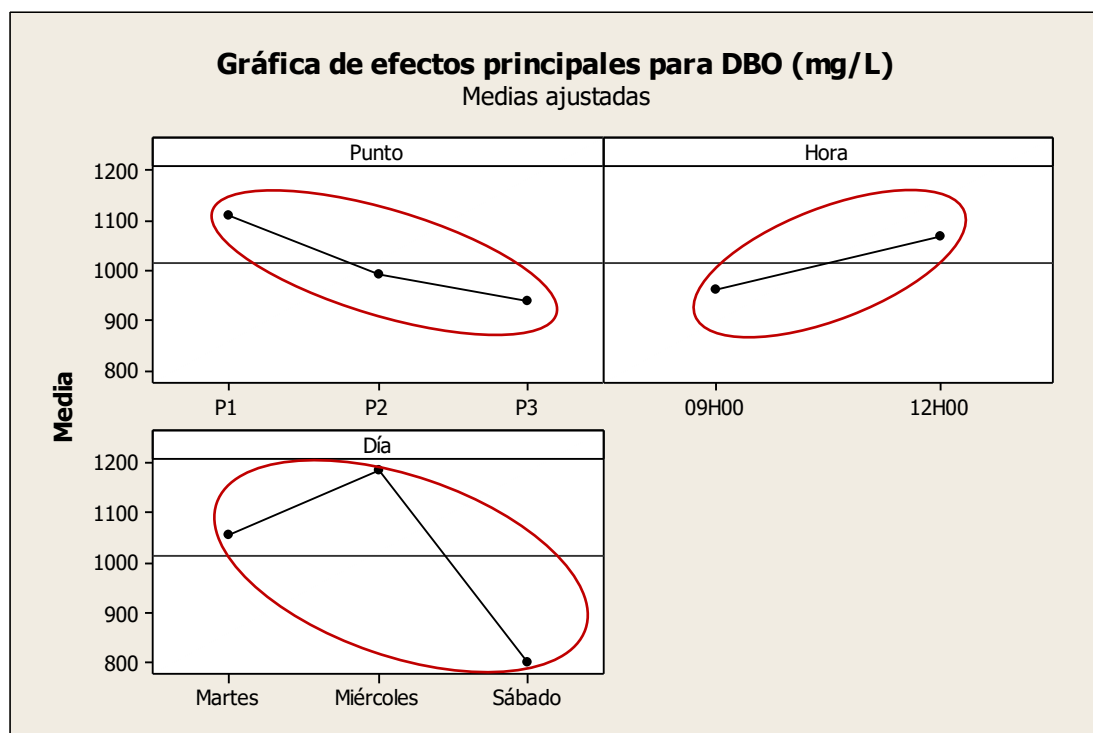
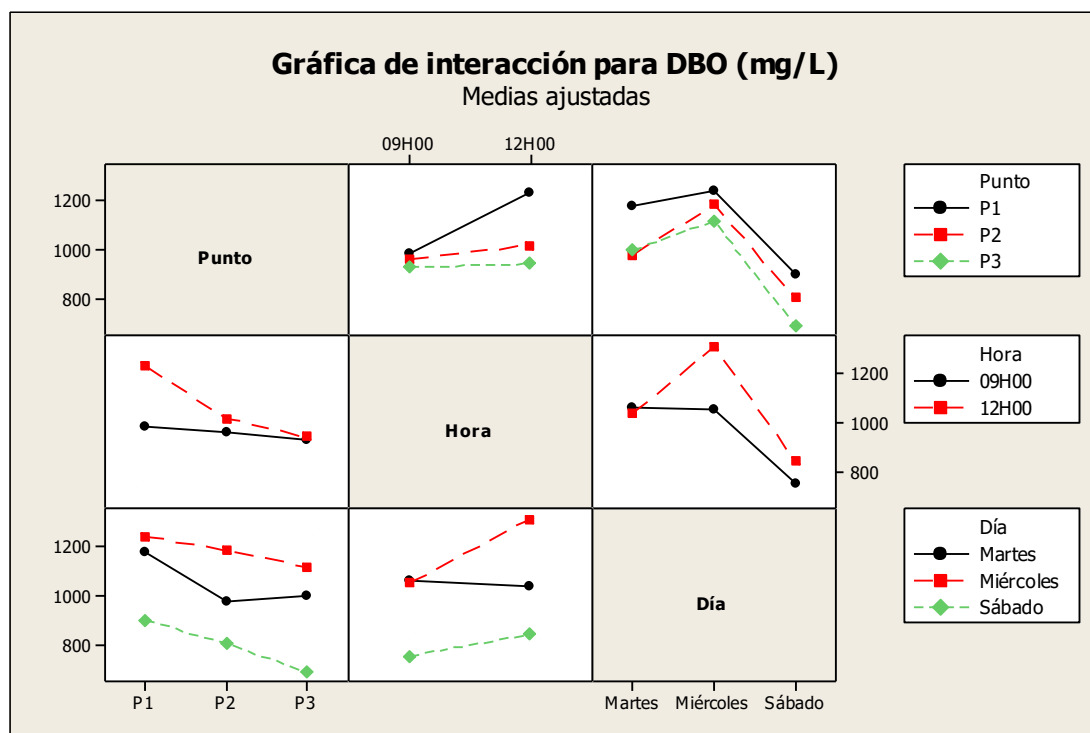


Figura 17

Gráfica de interacción para el parámetro DBO

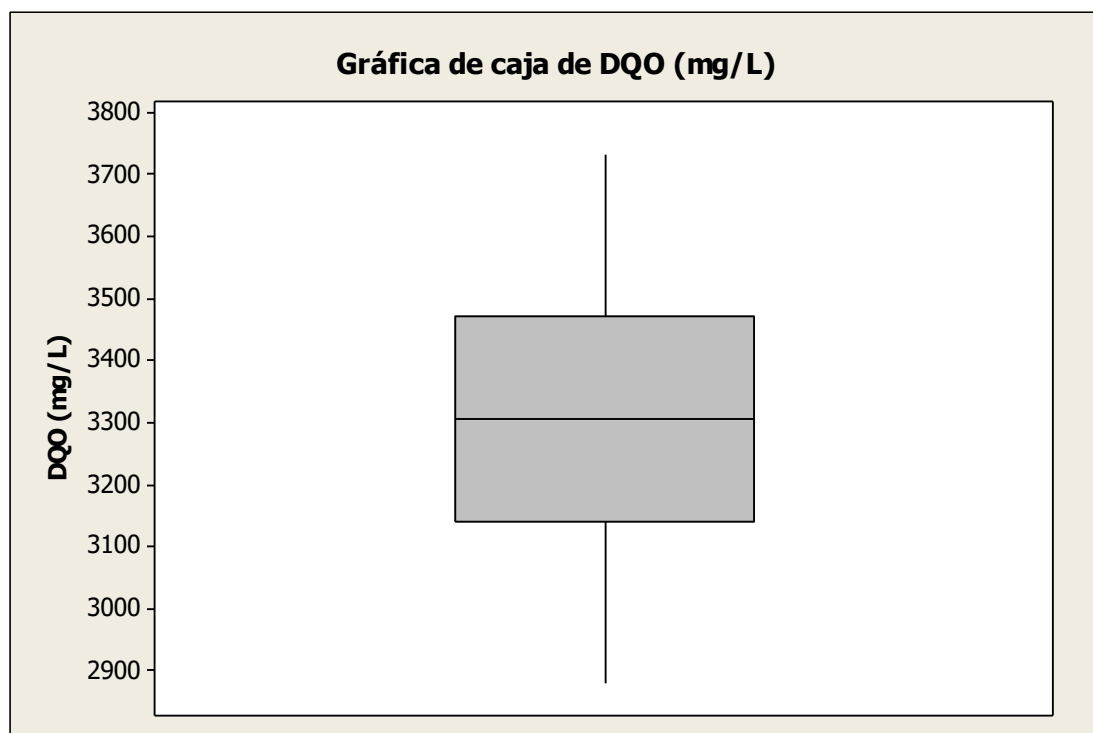


4.1.7 Demanda química de oxígeno DQO

En esta variable fueron analizadas 20 muestras, el parámetro DQO posee una media de 3,305.00 mg/L. Un error estándar de la media igual a 50.00. Posee un valor máximo de 3,730.00 mg/L y un valor mínimo de 2,880.00 mg/L. La mediana es de 3,305.00. Los cuartiles son 3,140.00 y 3,470.00. Cuenta con una desviación estándar de 223.7. Su varianza es 50,047.4. El coeficiente de variación obtenido fue de 6.77 como se puede observar en la Figura 18.

Figura 18

Gráfica de caja del parámetro DQO



El análisis de varianza se realizó con un nivel de confianza del 95%, el mismo que dispone de diecinueve grados de libertad. La Figura 19 muestra que los datos no tienen un ajuste favorable a la recta normal (gráfica de probabilidad normal). La varianza tiende a ser constante (Residuos vs ajuste) y existe dependencia de los residuos (Residuos vs orden). Como indica la Tabla 14, la hipótesis nula es rechazada para los factores hora, punto, día, interacción triple Hora*Punto*Día. Mientras que, para el resto de interacciones la hipótesis nula es aceptada. Concluyendo que los factores hora, punto, día son fuentes de variabilidad para el parámetro DQO.

En la Figura 20, muestra que los factores horas, día presenta diferencias significativas. Por otro lado, el factor punto presenta una media similar para los niveles P3-P1 y los niveles P1-P2; mostrado en la Tabla 15. Finalmente, en la Figura 21 se verifica que las interacciones no generan variabilidad.

Figura 19

Gráficas 4 en 1 de residuos para el parámetro DQO

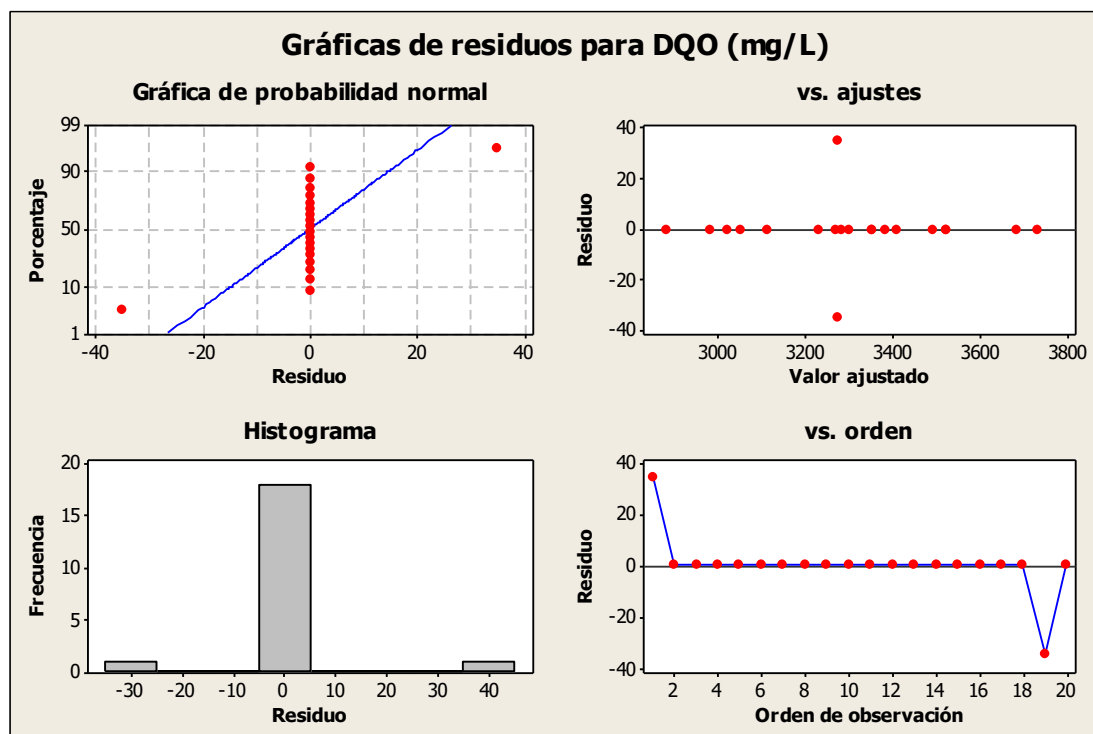


Tabla 14*ANOVA para el parámetro DQO*

Parámetro	GL	Sc Sec.	Sc Ajust.	CM Ajust.	F	P
Hora	1	46,080.00	30,072.00	30,072.00	24.55	0.038
Punto	2	128,109.00	109,289.00	54,644.00	44.61	0.022
Día	2	586,707.00	611,027.00	305,513.00	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				

Tabla 15*Método de Tukey para el parámetro DQO*

Día	N	Media	Agrupación
Miércoles	7	3,495.00	A
Martes	7	3,332.5	B
Sábado	6	3,056.7	C
Hora	N	Media	Agrupación
12H00	10	3,334.4	A
09H00	10	3,255.00	B

Punto	N	Media	Agrupación
P3	7	3,393.3	A
P1	7	3,282.5	A B
P2	6	3,208.3	B

Figura 20

Gráfica de efectos principales para el parámetro DQO

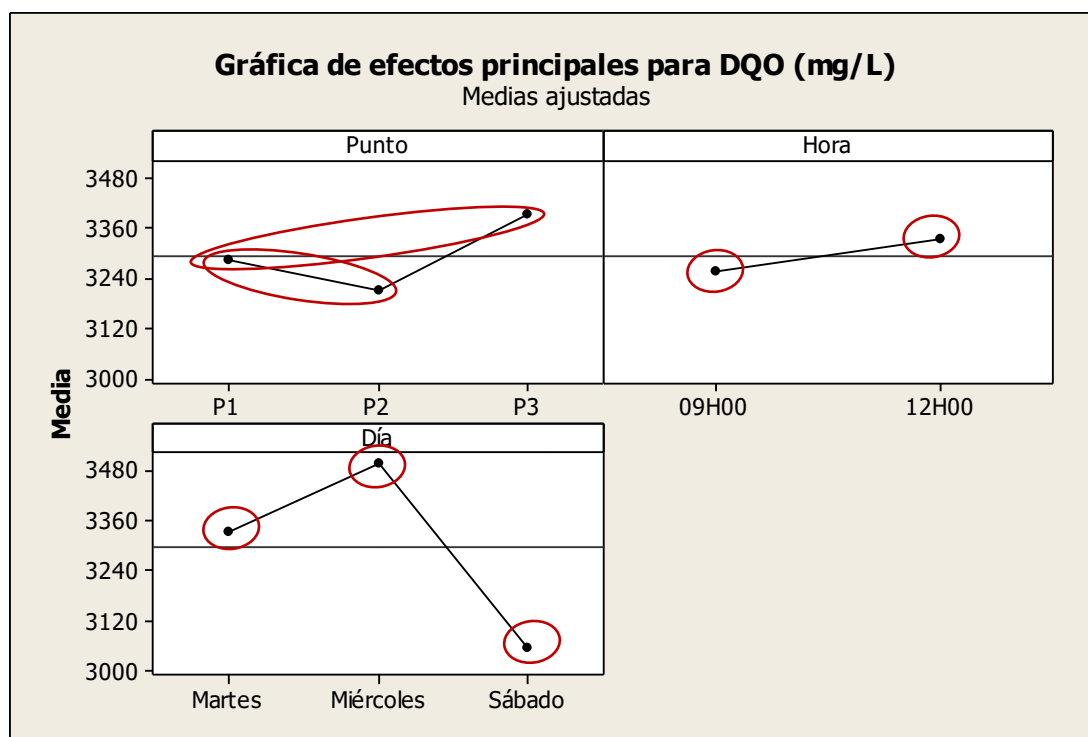
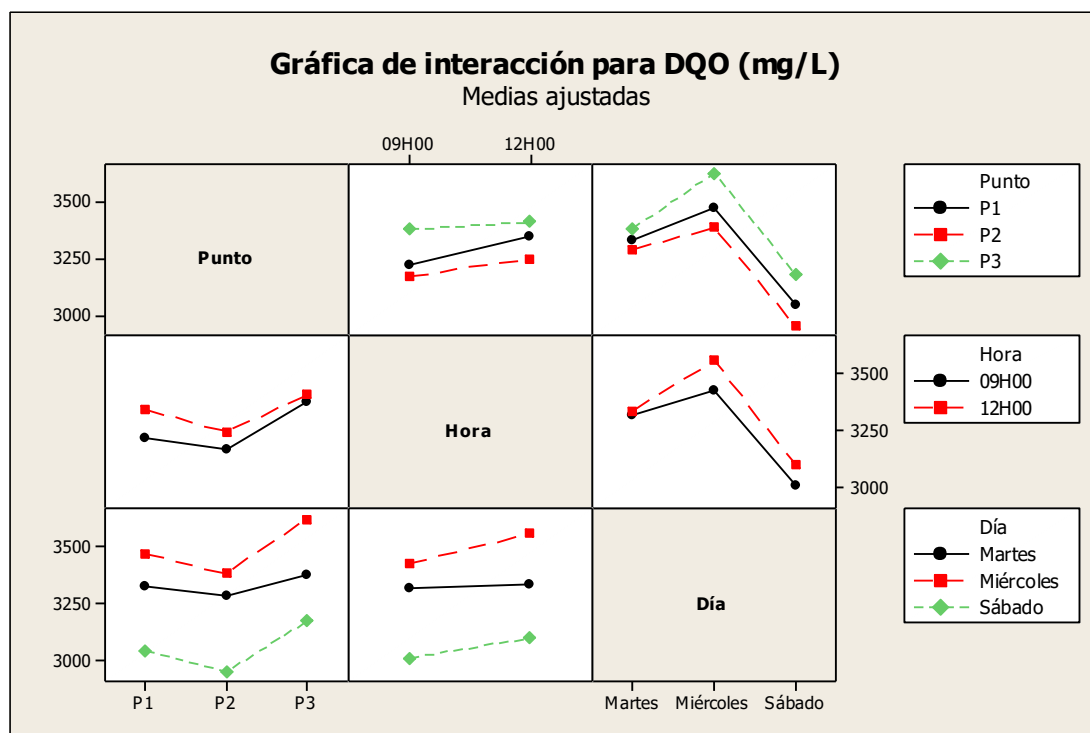


Figura 21

Gráfica de interacción para el parámetro DQO



4.1.8 Oxígeno disuelto

En este parámetro tanto para los días, sábado, martes, miércoles; como para los puntos P1, P2, P3 y las horas 09H00 y 12H00 se obtuvo una concentración menor a $0,1 \text{ mg/L}$.

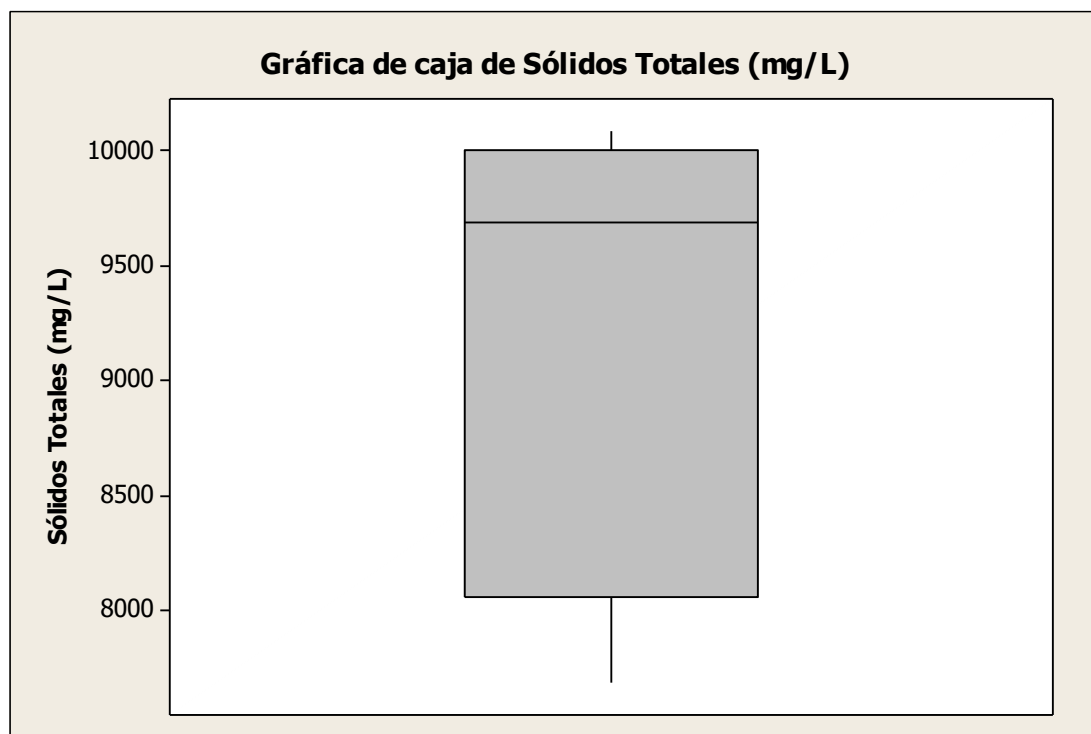
4.1.9 Sólidos totales

En el análisis comparativo entre la hora, los días, los puntos respecto al cromo total muestra que fueron analizadas 20 muestras, este parámetro posee una media de $9,294.00$

mg/L. Un error estándar de la media igual a 206.00. Posee un valor máximo de 10,082.00 mg/L y un valor mínimo de 7,692.00 mg/L. La mediana es de 9,686.00. Los cuartiles son 8,057.00 y 10,003.00. Cuenta con una desviación estándar de 921.00. Su varianza es 847,709.00. El coeficiente de variación obtenido fue de 9.95 como se puede observar en la Figura 22.

Figura 22

Gráfica de caja del parámetro Sólidos Totales



El análisis de varianza se realizó con un nivel de confianza del 95%, el mismo que dispone de diecinueve grados de libertad. La Figura 23 muestra que los datos no tienen un ajuste favorable a la recta normal (gráfica de probabilidad normal). La varianza tiende a no ser

constante (Residuos vs ajuste) y existe dependencia de los residuos (Residuos vs orden). Como indica la Tabla 16, la hipótesis nula es rechazada para el factor hora y para la interacción Hora*Día. Mientras que para el resto de interacciones la hipótesis nula es aceptada. Concluyendo que el factor hora y la interacción Hora*Día son fuentes de variabilidad.

En la Figura 24, los factores hora y punto poseen medias iguales. En tanto que, para el factor día los niveles martes y miércoles presentan una media similar. Mientras que, para el sábado existe una diferencia significativa mostrado en la Tabla 17. Por último, en la Figura 25 se verifica que las interacciones no generan variabilidad

Figura 23

Gráficas 4 en 1 de residuos para el parámetro Sólidos Totales

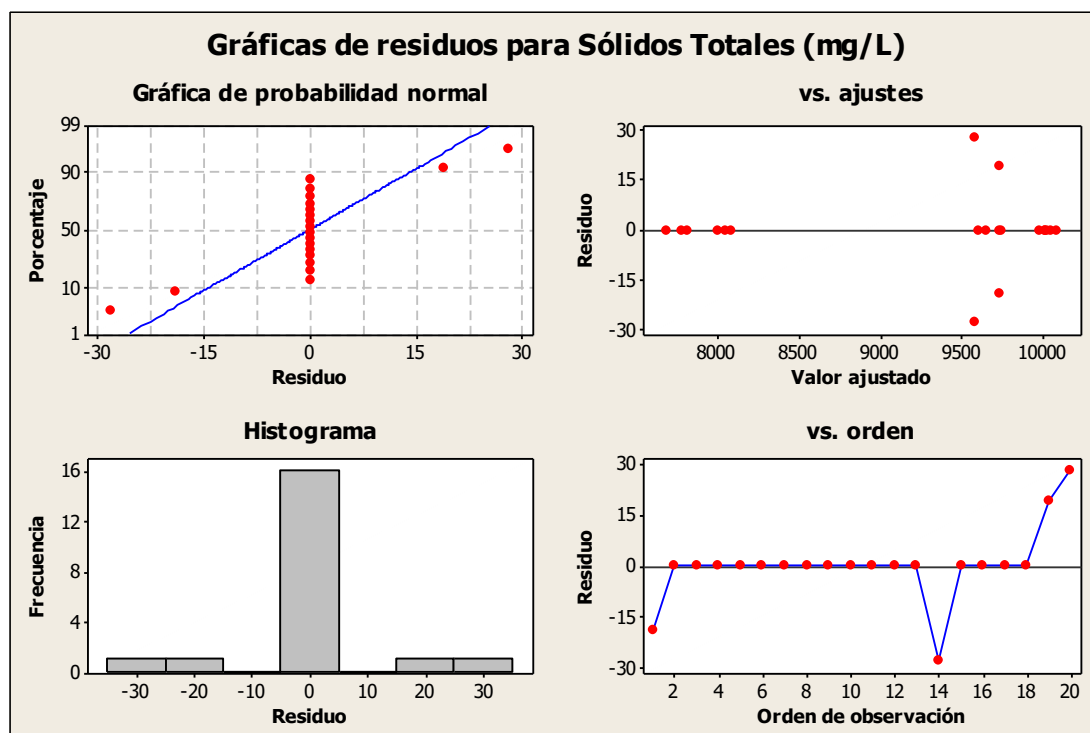


Tabla 16

ANOVA para el parámetro Sólidos Totales

Parámetro	GL	Sc Sec.	Sc Ajust.	CM 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	6,824	0
			.00		.35	

Parámetro	GL	Sc Sec.	Sc Ajust.	CM Ajust.	F	P
Hora*punto	2	12,973.00	1,552.00	776.00	0.68	0.596
Hora*Día	2	557,440.00	537,924.00	268,962.00	234.9	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	942.00	0.82	0.613
Error	2	2,290.00	2,290.00	1,145.00		
Total	19	16,106,468.00				

Tabla 17

Método de Tukey para el parámetro Sólidos Totales

Día	N	Media	Agrupación
Miércoles	7	9,831.7	A
Martes	7	9,874.2	A
Sábado	6	7,904.3	B
Hora	N	Media	Agrupación
12H00	10	9,222.2	A
09H00	10	9,184.6	A
Punto	N	Media	Agrupación
P3	7	9,214.00	A
P1	7	9,179.8	A
P2	6	9,216.3	A

Figura 24

Gráfica de efectos principales para el parámetro Sólidos Totales

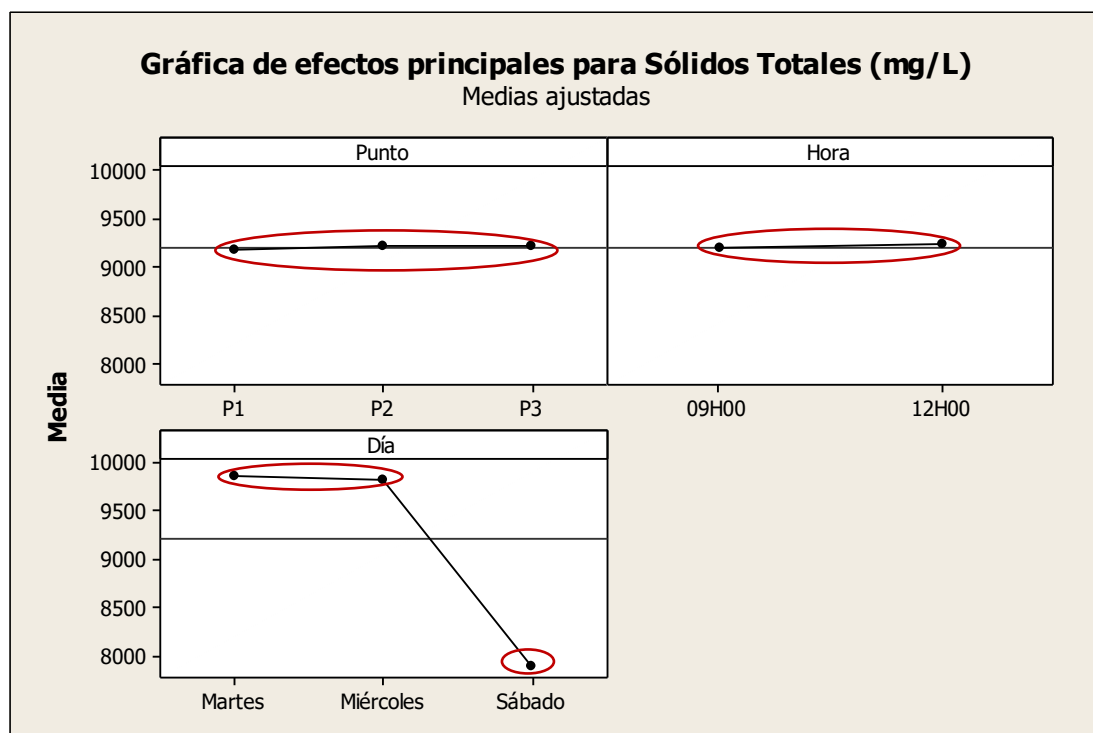
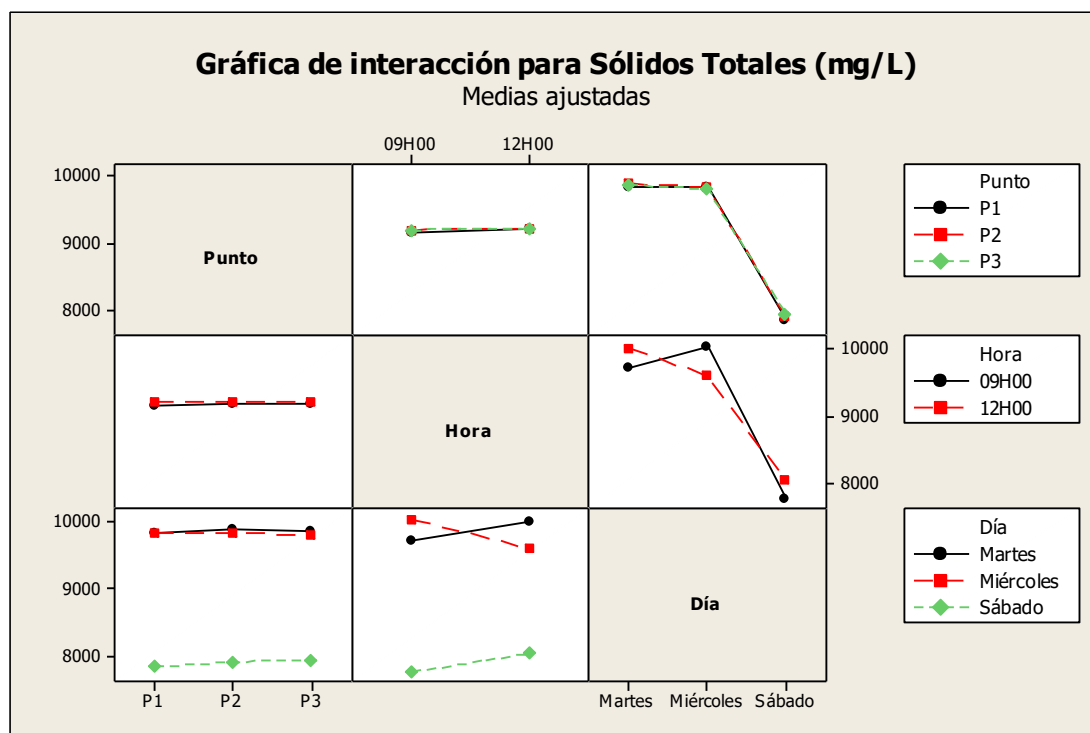


Figura 25

Gráfica de interacción para el parámetro Sólidos Totales

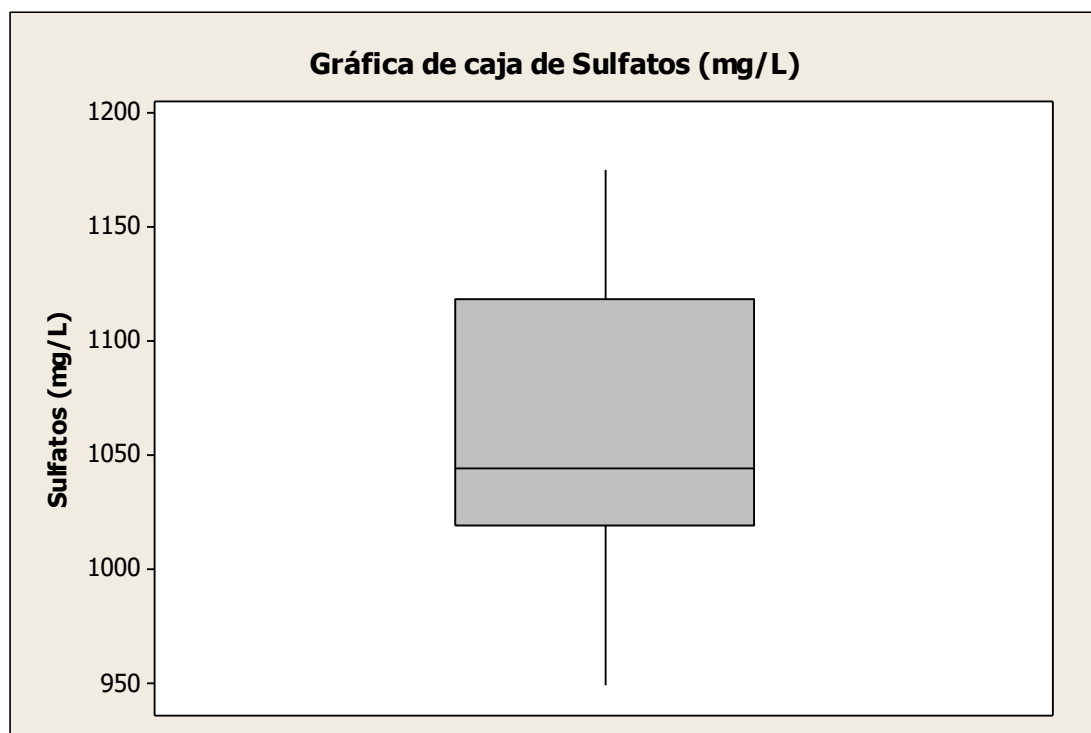


4.1.10 Sulfatos (SO_4)

Se efectuó el análisis comparativo entre la hora, los días, los puntos respecto a los caudales obtenidos. Fueron analizadas 20 muestras en esta variable. Posee una media de 1,055.3 mg/L, con un error estándar de la media igual a 14.6. Posee un valor máximo de 1,175.00 mg/ y un valor mínimo de 950.00 mg/L. La mediana es de 1,045.00. Los cuartiles son 1,020.00 y 1,118.8; cuenta con una desviación estándar de 65.5. Su varianza es 4,285.5; el coeficiente de variación obtenido fue de 6.20; cómo se puede observar en la Figura 26.

Figura 26

Gráfica de caja del parámetro Sulfatos



El análisis de varianza se realizó con un nivel de confianza del 95%, el mismo que dispone de diecinueve grados de libertad. La Figura 27 muestra que los datos no tienen un ajuste favorable a la recta normal (gráfica de probabilidad normal). La varianza tiende a ser constante (Residuos vs ajuste) y existe dependencia de los residuos (Residuos vs orden). Como indica la Tabla 18, la hipótesis nula es aceptada en cada uno de los factores e interacciones. Concluyendo que no existen fuentes de variabilidad para el parámetro sulfatos.

En la Figura 28, los factores hora, día, punto poseen medias iguales no existe una diferencia significativa; mostrado en la Tabla 19. Por último, en la Figura 29 se verifica que las interacciones no generan variabilidad.

Figura 27

Gráficas 4 en 1 de residuos para el parámetro Sulfatos

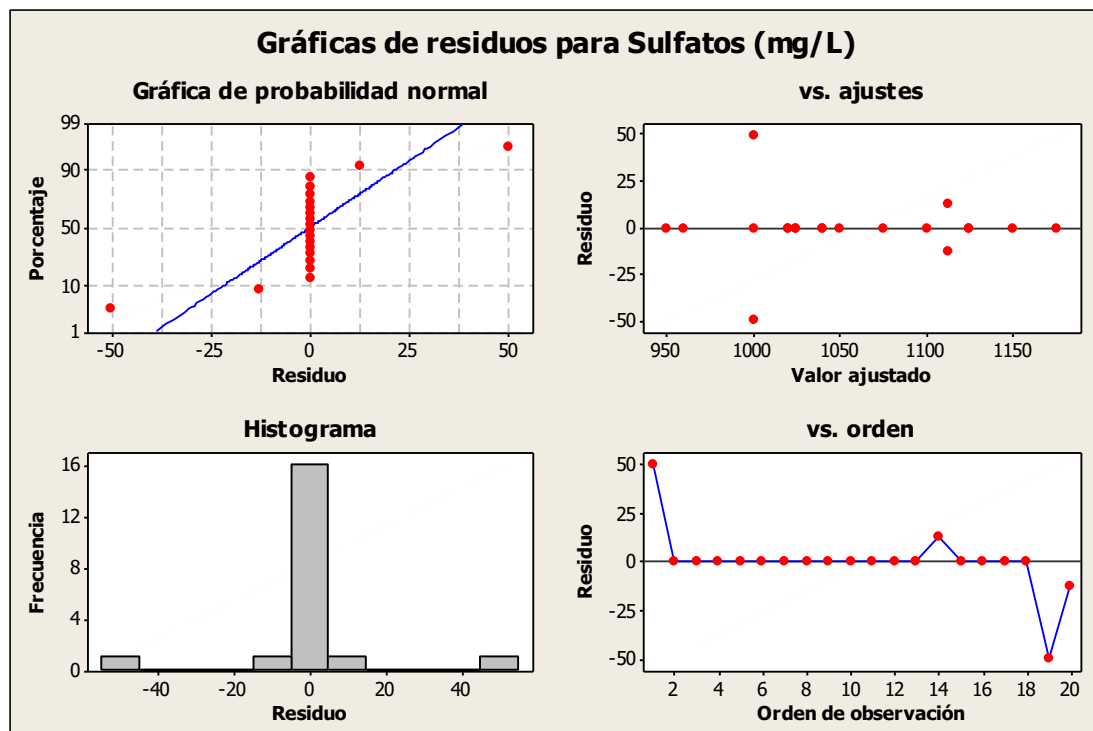


Tabla 18*ANOVA para el parámetro Sulfatos*

Parámetro	GL	Sc Sec.	Sc Ajust.	CM Ajust.	F	P
Hora	1	151.00	194.00	194.00	0.07	0.812
Punto	2	405.00	100.00	50.00	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	303.00	0.11	0.956
Hora*Punto*Día	4	2,424.00	2,424.00	606.00	0.23	0.902
Error	2	5,312.00	5,312.00	2,656.00		
Total	19	81,424.00				

Tabla 19*Método de Tukey para el parámetro Sulfatos*

Día	N	Media	Agrupación
Miércoles	7	1131,2	A
Martes	7	1020,8	A
Sábado	6	1013,3	A
Hora	N	Media	Agrupación
12H00	10	1058,3	A
09H00	10	1051,9	A

Punto	N	Media	Agrupación
P3	7	1052,1	A
P1	7	1057,5	A
P2	6	1055,8	A

Figura 28

Gráfica de efectos principales para el parámetro Sulfatos

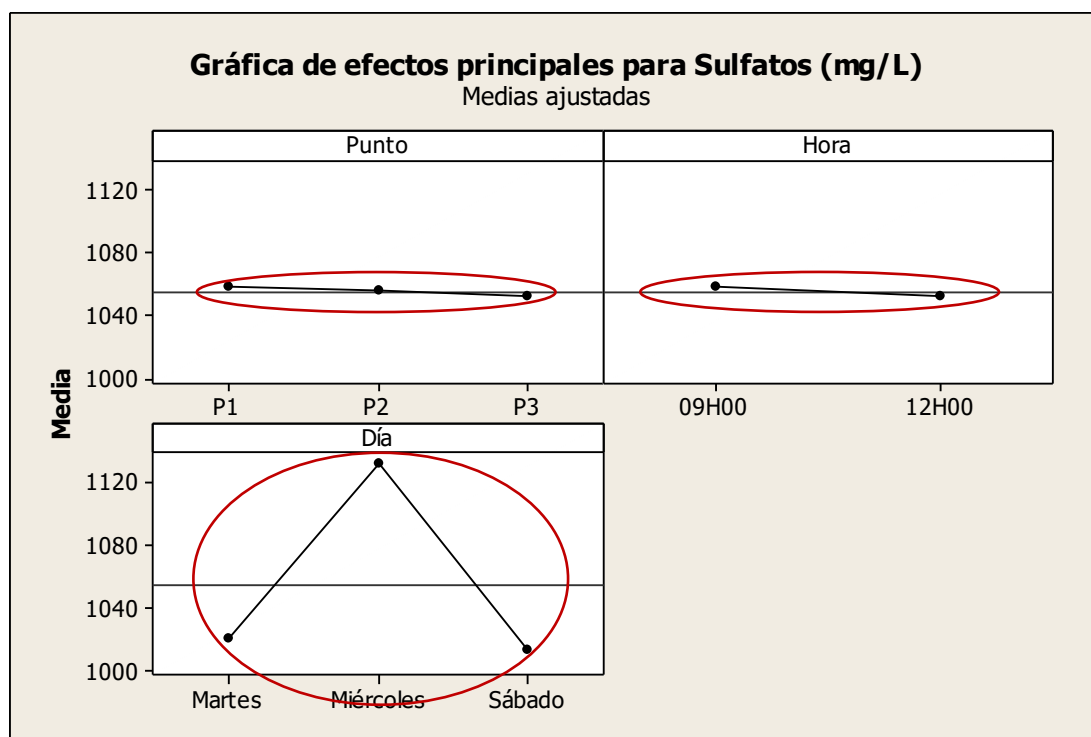
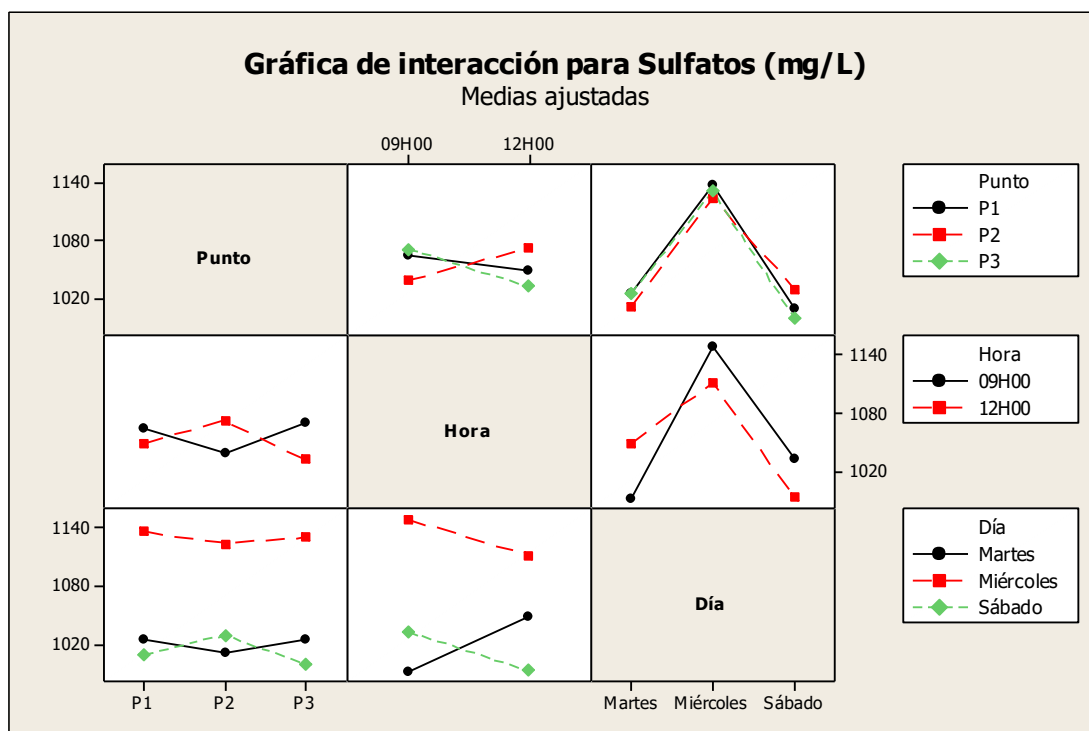


Figura 29

Gráfica de interacción para el parámetro Sulfatos

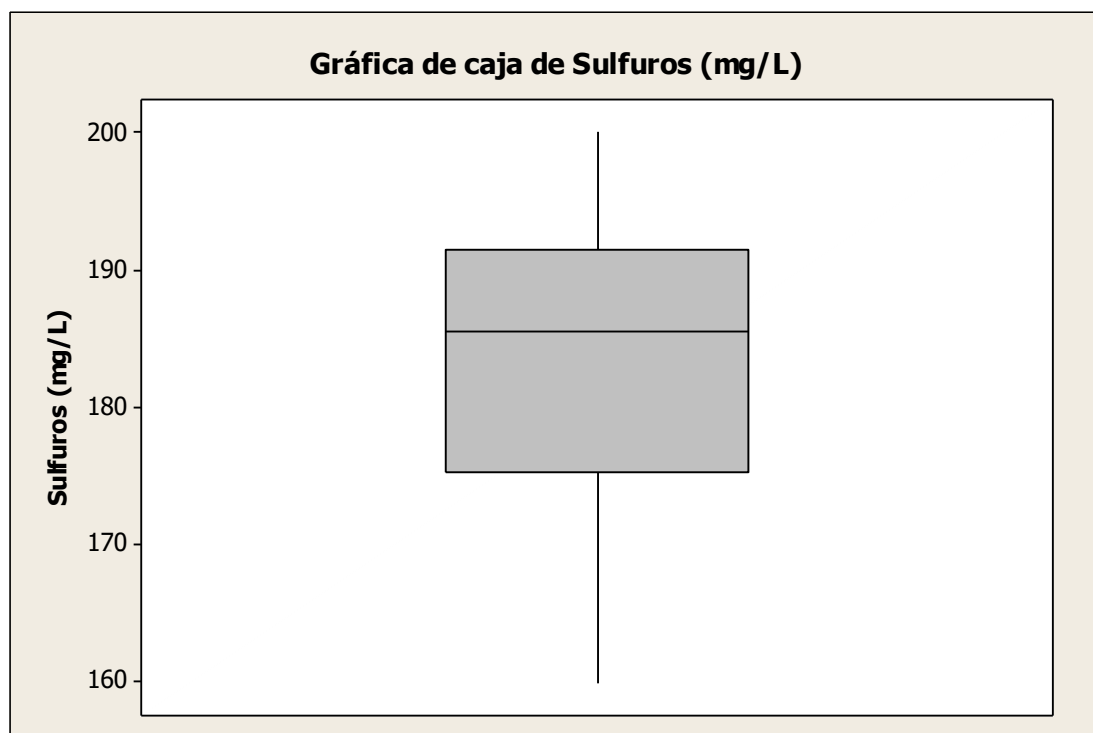


4.1.11 Sulfuros (S)

En esta variable fueron analizadas 20 muestras, el parámetro Sulfuros posee una media de 183.3 mg/L. Posee un error estándar de la media igual a 2.71. Posee un valor máximo de 200.00 mg/L y un valor mínimo de 160.00 mg/L. La mediana es de 185.5. Los cuartiles son 175.25 y 191.5. Cuenta con una desviación estándar de 12.12. Su varianza es 146.96. El coeficiente de variación obtenido fue de 6.61 como se puede observar en la Figura 30.

Figura 30

Gráfica de caja del parámetro Sulfuros



El análisis de varianza se realizó con un nivel de confianza del 95%, el mismo que dispone de diecinueve grados de libertad. La Figura 31 muestra que los datos no tienen un ajuste favorable a la recta normal (gráfica de probabilidad normal). La varianza tiende a ser constante (Residuos vs ajuste) y existe dependencia de los residuos (Residuos vs orden). Como indica la Tabla 20, la hipótesis nula es aceptada en cada uno de los factores e interacciones. Concluyendo que no existen fuentes de variabilidad para el parámetro sulfuros.

En la Figura 32, los factores hora, día, punto poseen medias iguales no existe una diferencia significativa mostrado en la Tabla 21. Para culminar, en la Figura 33 se verifica que las interacciones no generan variabilidad.

Figura 31

Gráficas 4 en 1 de residuos para el parámetro Sulfuros

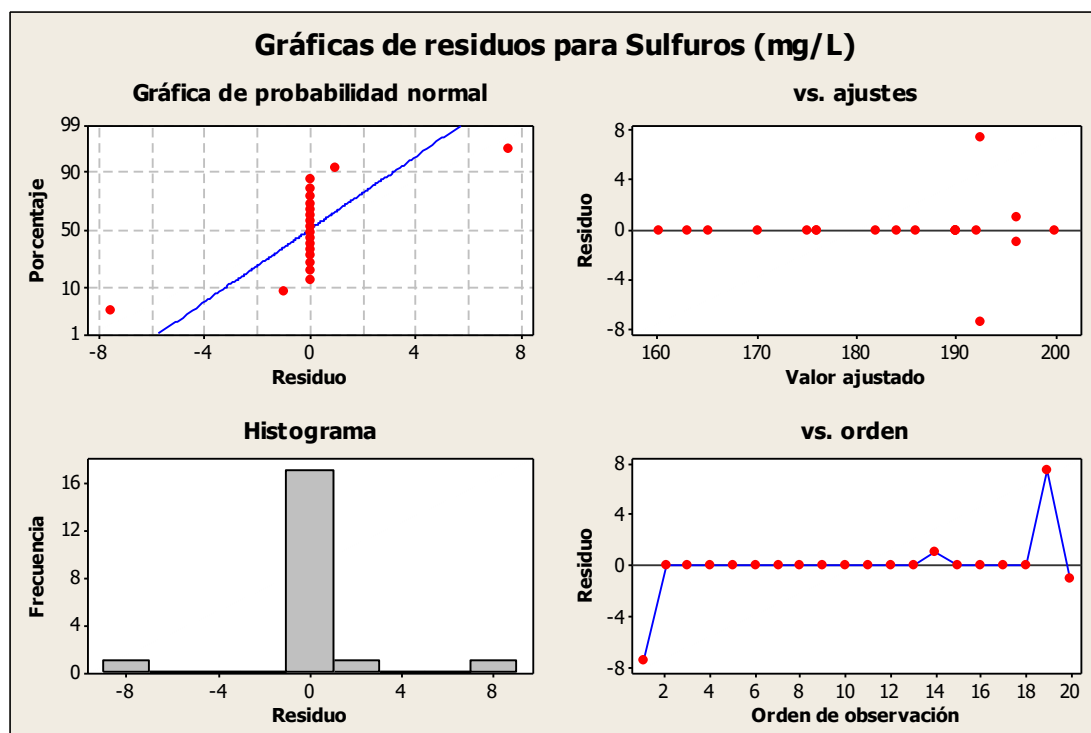


Tabla 20*ANOVA para el parámetro Sulfuros*

Parámetro	GL	Sc Sec.	Sc Ajust.	CM Ajust.	F	P
Hora	1	5.00	10.72	10.72	0.19	0.707
Punto	2	780.23	639.29	319.65	5.58	0.152
Día	2	417.51	356.78	178.39	3.12	0.243
Hora*punto	2	125.16	102.19	51.10	0.89	0.528
Hora*Día	2	181.83	192.21	96.11	1.68	0.373
Punto*Día	4	923.29	1,020.49	255.12	4.46	0.192
Hora*Punto*Día	4	244.69	244.69	61.17	1.07	0.536
Error	2	114.50	114.50	57.25		
Total	19	2,792.20				

Tabla 21*Método de Tukey para el parámetro Sulfuros*

Día	N	Media	Agrupación
Miércoles	7	186.2	A
Martes	7	184.1	A
Sábado	6	176.00	A
Hora	N	Media	Agrupación
12H00	10	182.8	A
09H00	10	181.3	A

Punto	N	Media	Agrupación
P3	7	188.2	A
P1	7	183.9	A
P2	6	174.2	A

Figura 32

Gráfica de efectos principales para el parámetro Sulfuros

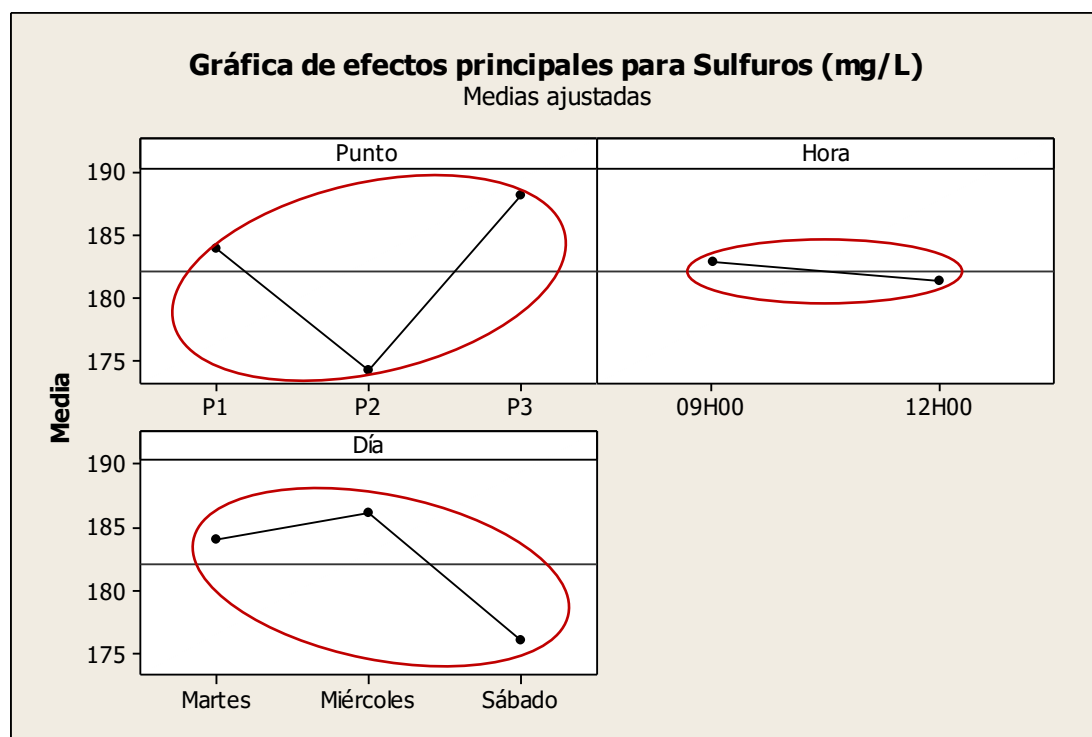
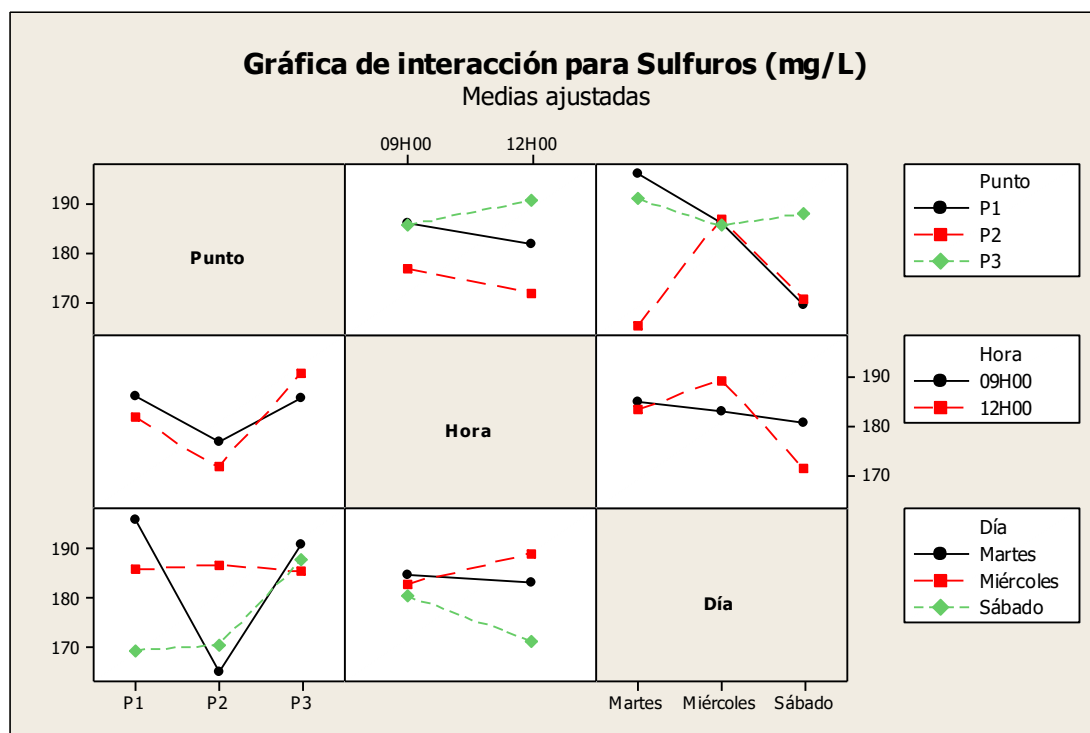


Figura 33

Gráfica de interacción para el parámetro Sulfuros

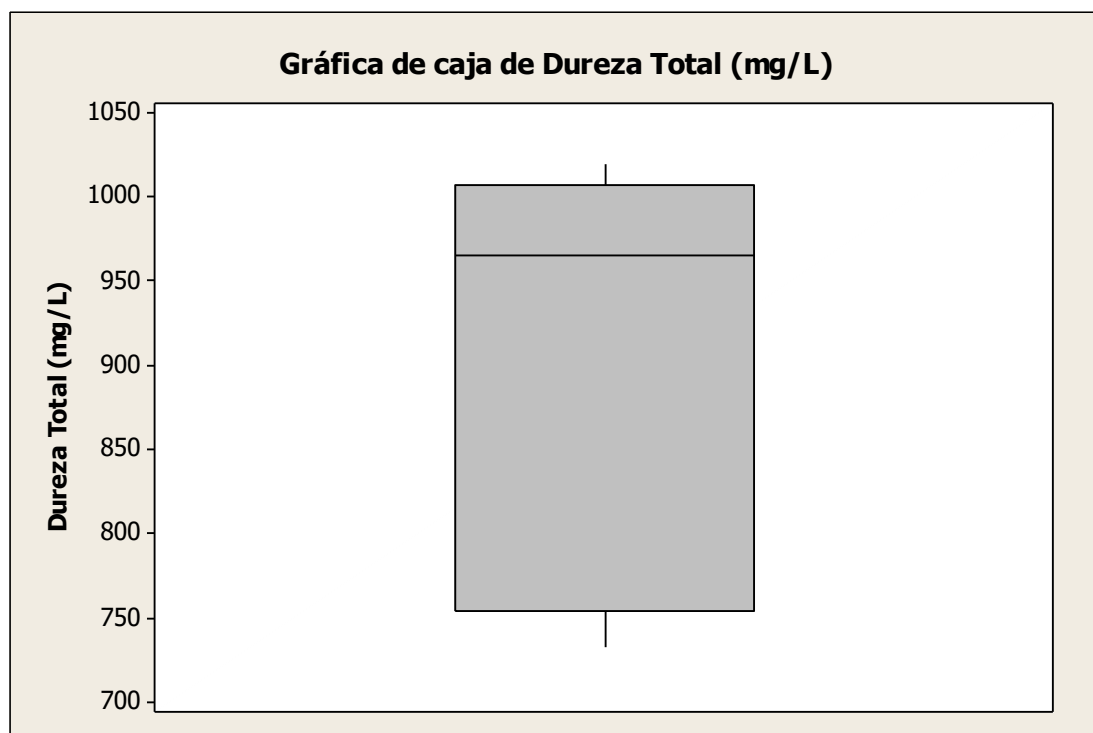


4.1.12 Dureza Total

En el análisis comparativo entre la hora, los días, los puntos respecto al cromo total muestra que fueron analizadas 20 muestras. Este parámetro posee una media de 911.9 mg/L. Posee un error estándar de la media igual a 25.8. Tiene un valor máximo de 1,020.00 mg/L y un valor mínimo de 733.00 mg/L. La mediana es de 965.00. Los cuartiles son 754.5 y 1007.5. Cuenta con una desviación estándar de 115.2. Su varianza es 13,275.3. El coeficiente de variación obtenido fue de 12.63 como se puede observar en la Figura 34.

Figura 34

Gráfica de caja del parámetro Dureza Total



El análisis de varianza se realizó con un nivel de confianza del 95%, el mismo que dispone de diecinueve grados de libertad. La Figura 35 muestra que los datos no tienen un ajuste favorable a la recta normal (gráfica de probabilidad normal). La varianza tiende a no ser constante (Residuos vs ajuste) y existe dependencia de los residuos (Residuos vs orden). Como indica la Tabla 22, la hipótesis nula es rechazada para el factor día; mientras que para el resto de interacciones la hipótesis nula es aceptada. Concluyendo que el día es una fuente de variabilidad.

En la Figura 36, los factores hora y punto poseen medias iguales, en tanto que para el factor día, los niveles martes y miércoles presentan una media similar. Mientras que para el sábado existe una diferencia significativa mostrado en la Tabla 23. Por último, en la Figura 37 se verifica que las interacciones no generan variabilidad

Figura 35

Gráficas 4 en 1 de residuos para el parámetro Dureza Total

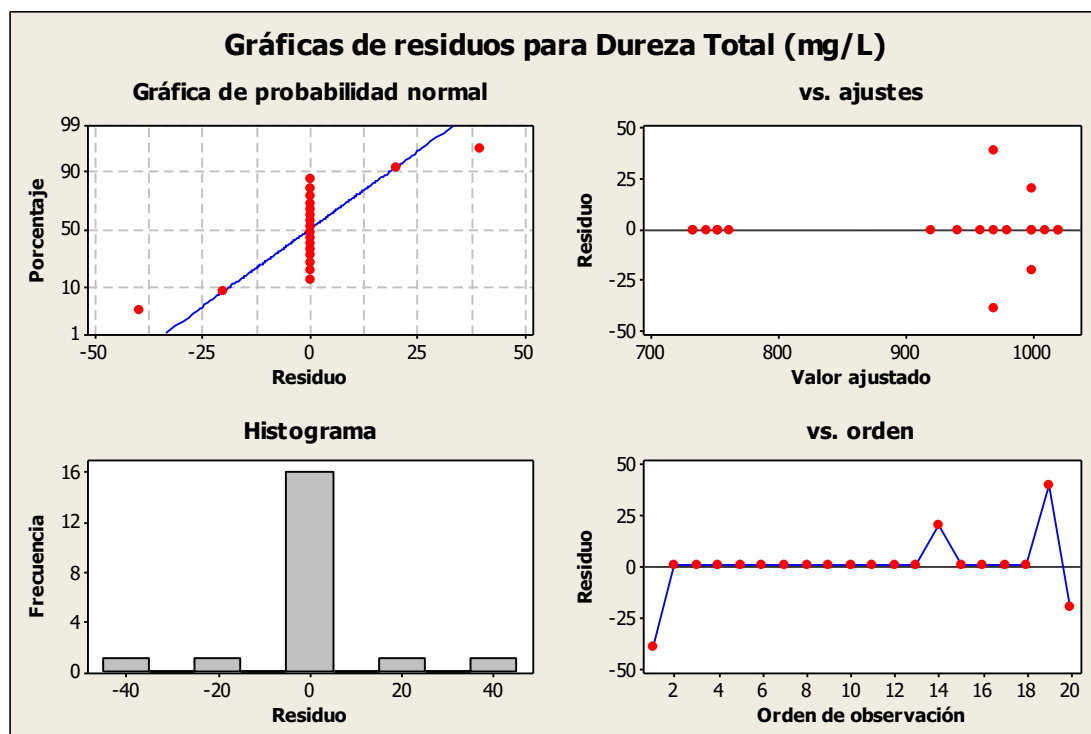


Tabla 22*ANOVA para el parámetro Dureza Total*

Parámetro	GL	Sc Sec.	Sc Ajust.	CM Ajust.	F	P
Hora	1	952.00	692.00	692.00	0.35	0.613
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	746.00	0.38	0.724
Hora*Día	2	1,826.00	1,819.00	910.00	0.46	0.683
Punto*Día	4	2,160.00	2,428.00	607.00	0.31	0.854
Hora*Punto*Día	4	733.00	733.00	183.00	0.09	0.975
Error	2	3,920.00	3,920.00	1,960.00		
Total	19	252,230.00				

Tabla 23*Método de Tukey para el parámetro Dureza Total*

Día	N	Media	Agrupación
Miércoles	7	967.00	A
Martes	7	998.4	A
Sábado	6	745.8	B
Hora	N	Media	Agrupación
12H00	10	909.8	A
09H00	10	897.7	A

Punto	N	Media	Agrupación
P3	7	917.5	A
P1	7	892.8	A
P2	6	901.00	A

Figura 36

Gráfica de efectos principales para el parámetro Dureza Total

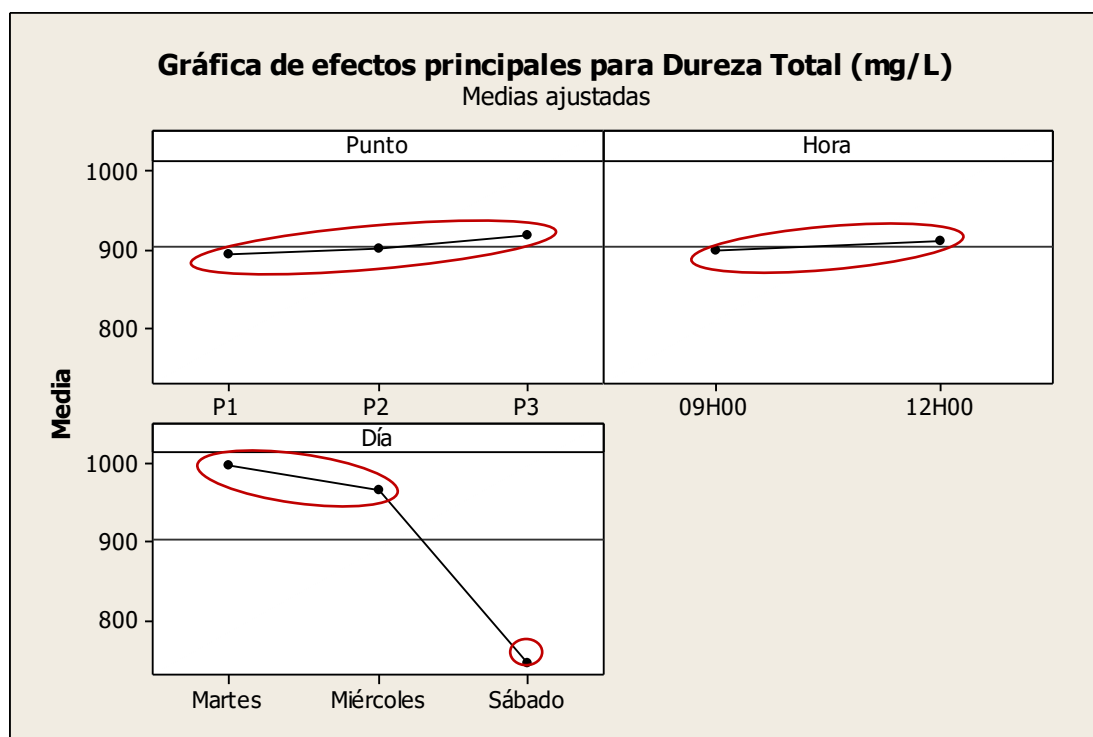
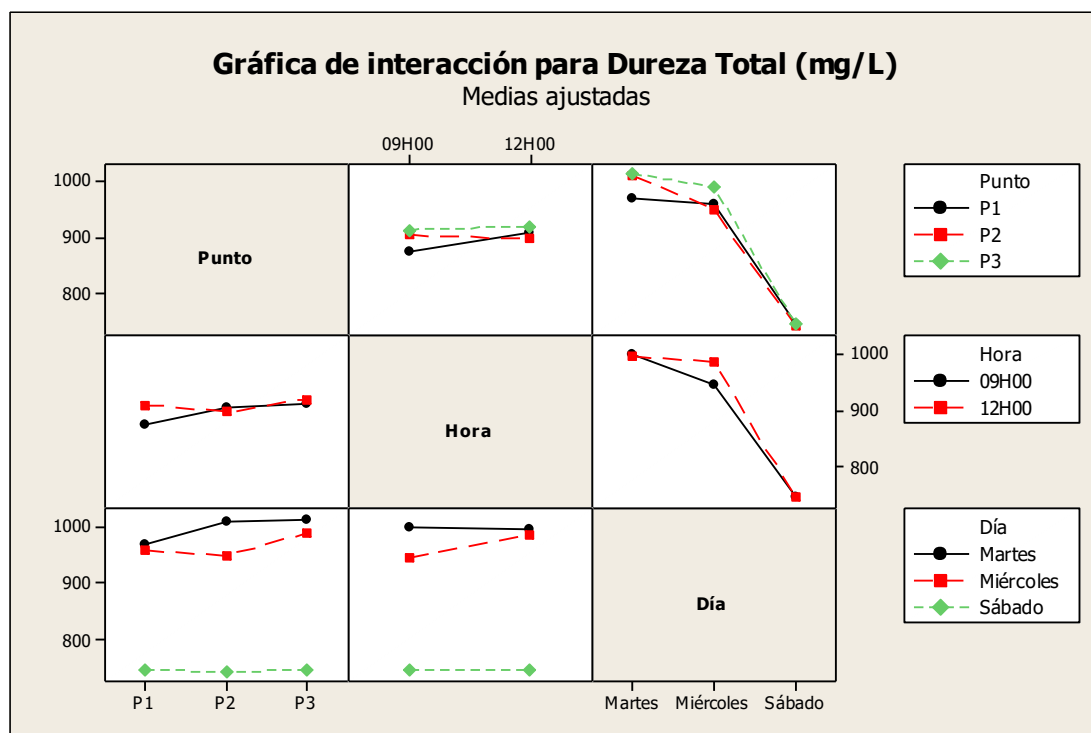


Figura 37

Gráfica de interacción para el parámetro Dureza Total

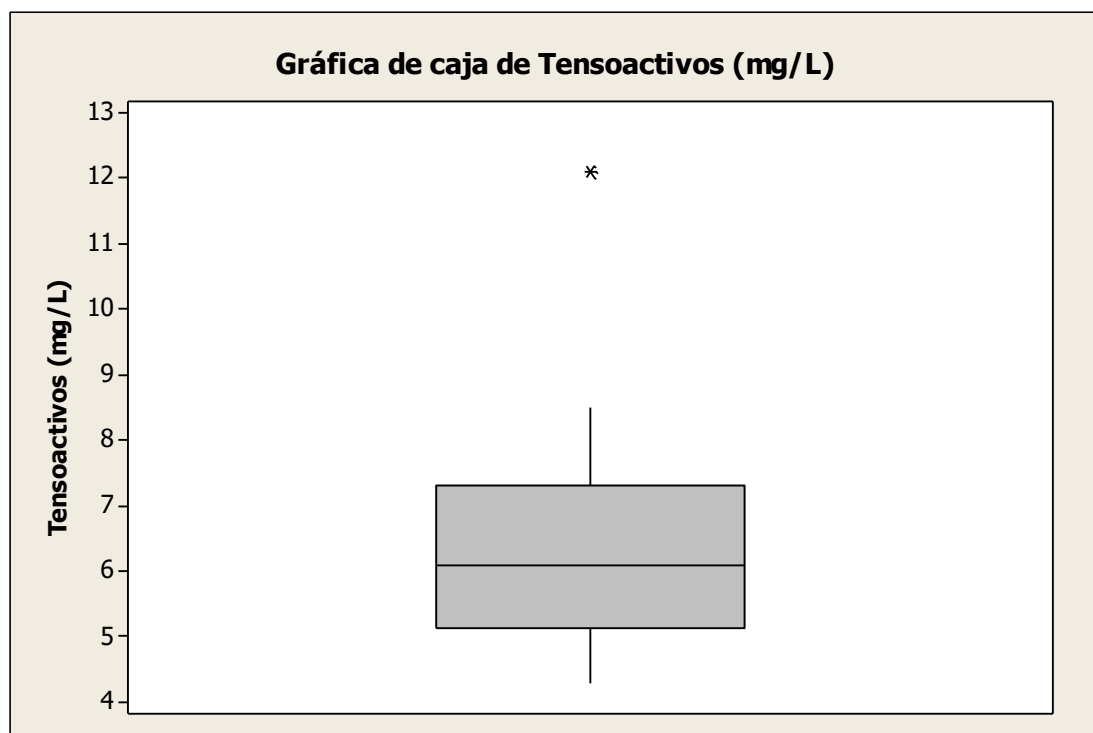


4.1.13 Tensoactivos

Se efectuó el análisis comparativo entre la hora, los días, los puntos respecto a los caudales obtenidos. Fueron analizadas 20 muestras en esta variable, la cual posee una media de 6.450 mg/L. Con un error estándar de la media igual a 6.450; tiene un valor máximo de 12.100 mg/L y un valor mínimo de 4.3 mg/L. La mediana es de 6.100; los cuartiles son 5.125 y 7.325; cuenta con una desviación estándar de 1.752. Su varianza es 3.068; el coeficiente de variación obtenido fue de 27.16; cómo se puede observar en la Figura 38.

Figura 38

Gráfica de caja del parámetro Tensoactivos



El análisis de varianza se realizó con un nivel de confianza del 95%, el mismo que dispone de diecinueve grados de libertad. La Figura 39 muestra que los datos no tienen un ajuste favorable a la recta normal (gráfica de probabilidad normal). La varianza no tiende a ser constante (Residuos vs ajuste) y existe dependencia de los residuos (Residuos vs orden). Como indica la Tabla 24, la hipótesis nula es aceptada para las interacciones Hora*Día, Hora*Punto*Día. Mientras que, para el resto de factores e interacciones la hipótesis nula es rechazada. Concluyendo que únicamente las interacciones Hora*Día, Hora*Punto*Día no son fuentes de variabilidad.

En la Figura 40, indica que el factor hora posee medias significativamente diferente; para el factor punto los niveles P1-P3 tiene media similar caso contrario al P2 que tiene una media significativamente diferente. Para el factor día los niveles sábado – miércoles tienen una media similar. Mientras que el martes cuenta con una media diferente mostrado en la Tabla 25. Por último, en la Figura 41 se verifica que las interacciones no generan variabilidad.

Figura 39

Gráficas 4 en 1 de residuos para el parámetro Tensoactivos

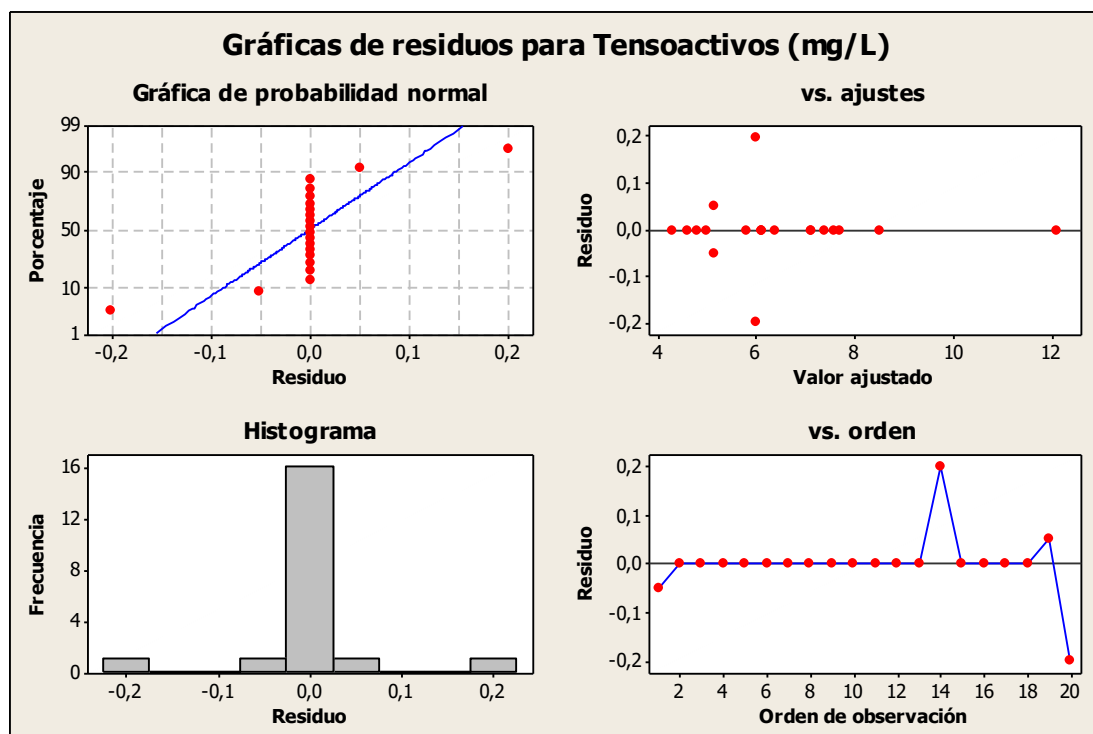


Tabla 24*ANOVA para el parámetro Tensoactivos*

Parámetro	GL	Sc Sec.	Sc Ajust.	CM Ajust.	F	P
Hora	1	2.888	2.6801	2.6801	63.06	0.015
Punto	2	14.1558	14.1558	7.0779	166.54	0.006
Día	2	8.5242	8.5242	4.2621	100.28	0.010
Hora*punto	2	10.4712	10.4712	5.2356	123.19	0.008
Hora*Día	2	0.6858	0.6858	0.3429	8.07	0.110
Punto*Día	4	18.5592	18.5592	4.6398	109.17	0.009
Hora*Punto*Día	4	3.2115	3.2115	0.8029	18.89	0.051
Error	2	0.085	0.085	0.0425		
Total	19					

Tabla 25*Método de Tukey para el parámetro Tensoactivos*

Día	N	Media	Agrupación
Sábado	6	7.2	A
Miércoles	7	6.8	A
Martes	7	5.6	B
Hora	N	Media	Agrupación
12H00	10	6.9	A
09H00	10	6.2	B

Punto	N	Media	Agrupación
P3	7	5.9	B
P1	7	6.00	B
P2	6	7.8	A

Figura 40

Gráfica de efectos principales para el parámetro Tensoactivos

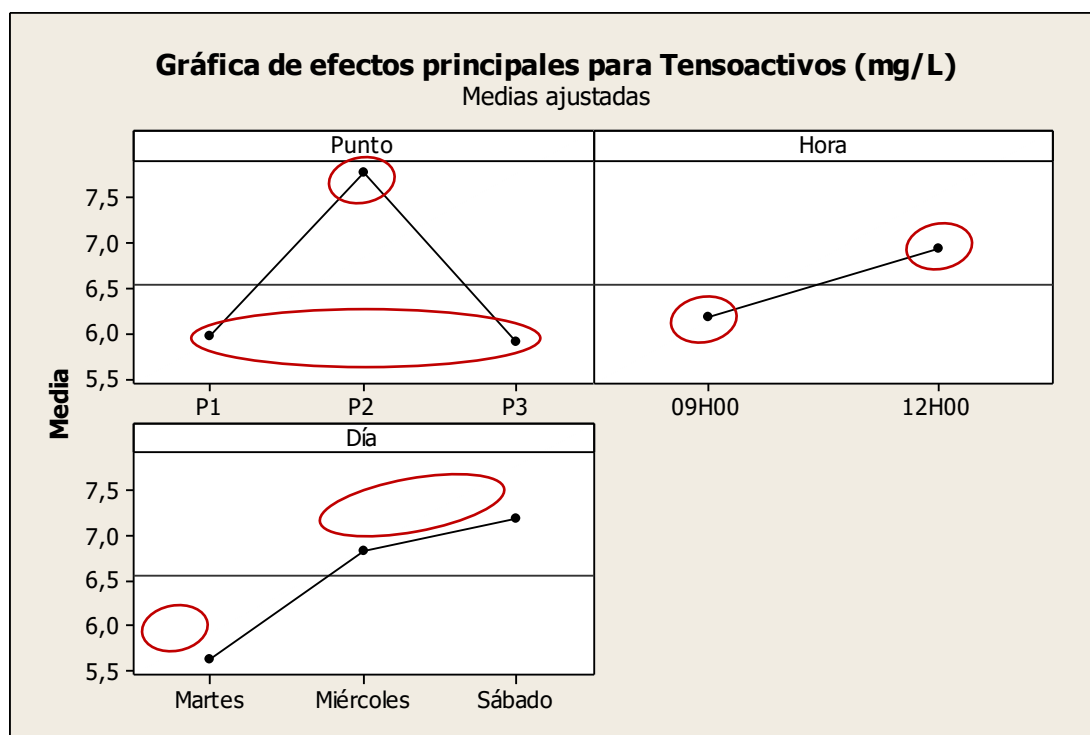
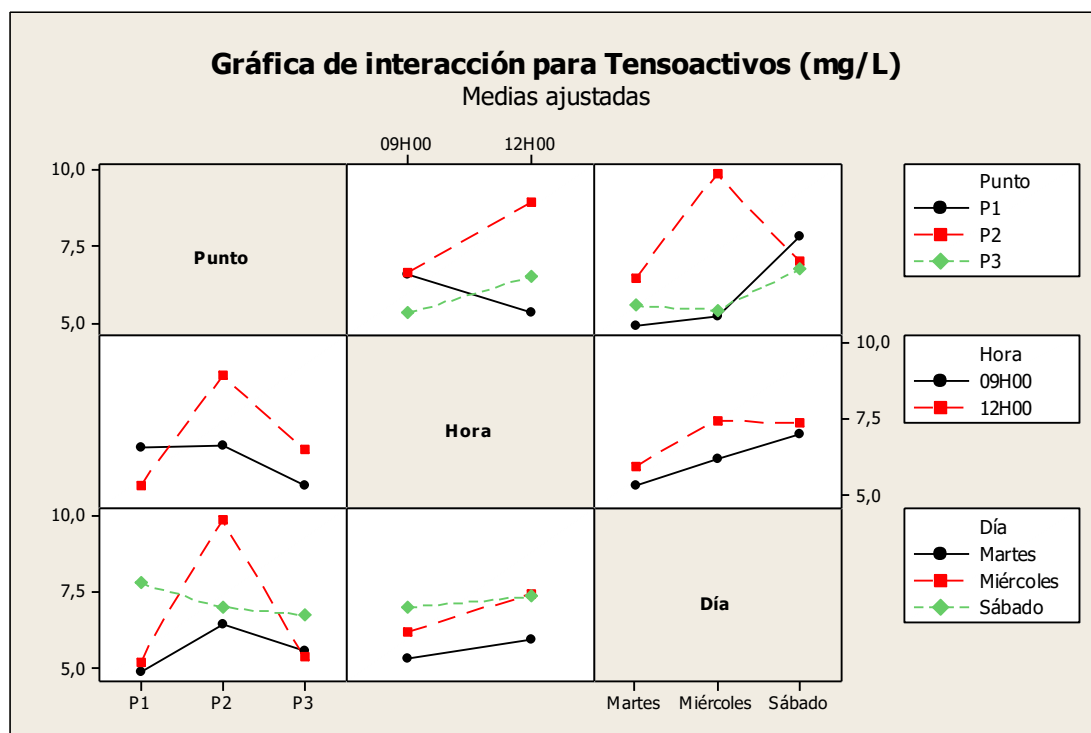


Figura 41

Gráfica de interacción para el parámetro Tensoactivos



4.2 Comparación de concentraciones con la norma

Todos los resultados obtenidos muestran diversas concentraciones respecto al día, punto y hora por ello es importante que de acuerdo a la normativa ambiental vigente los resultados de las mediciones de dichos parámetros deban ser comparados con el TULSMA, Libro VI, Anexo I, puesto que la descarga de las aguas residuales se hará hacia un cuerpo de agua dulce receptor. Los límites establecidos se encuentran en la Tabla 26 y en mayor detalle en los ANEXOS XI, XII del presente estudio.

Tabla 26*Límites establecidos en la normativa vigente*

Parámetro	Límite máximo establecido en la norma vigente
pH	4 - 9
Temperatura	Temperatura a condiciones naturales ± 3 °C
Dureza total	500.00 mg/L
Aceites y grasas	30.00 mg/L
Cromo total	0.032 mg/L
Demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅	100.00 mg/L
Demanda química de oxígeno DQO	200.00 mg/L
Oxígeno disuelto	> 0.8 mg/L
Sólidos totales	1,600.00 mg/L
Sulfatos (SO ₄)	1,000.00 mg/L
Sulfuros (S)	0.5 mg/L
Tensoactivos	0.5 mg/L

Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2015)

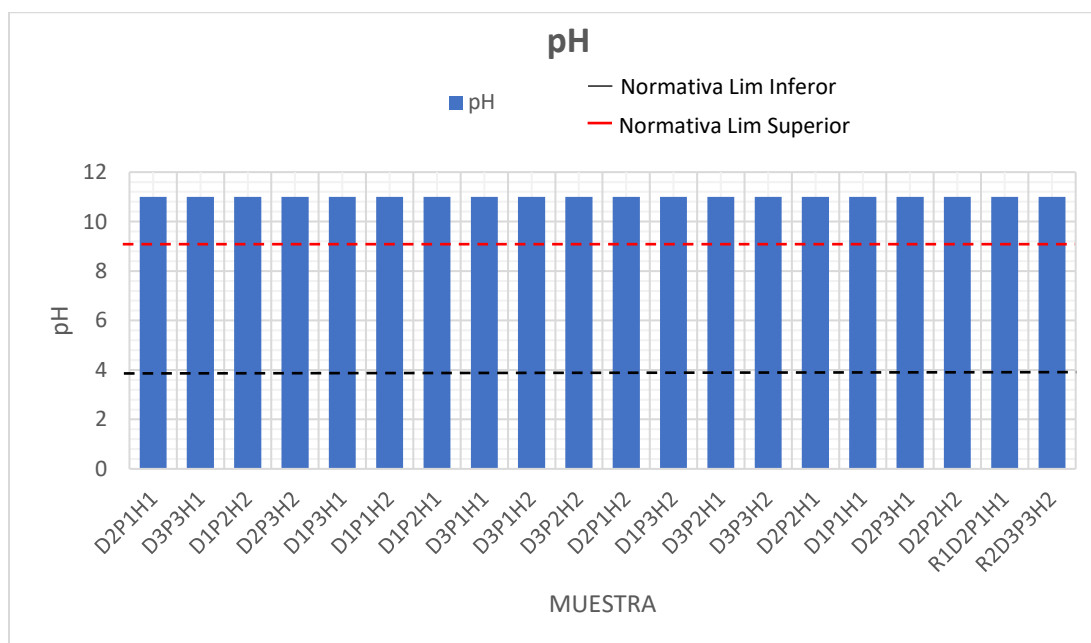
pH

En la Figura 42 se puede observar que el pH de todas las muestras analizadas indica un pH de 11; las mismas que sobrepasan los límites que, de acuerdo a Garay Tinoco et al., 2003,

deberían estar en un rango de pH entre 4 y 9. Esto puede tratarse a que la descarga de residuos vertida por parte de la industria de curtiembres no recibe tratamiento previo.

Figura 42

Comparación de resultados del parámetro pH con la Norma

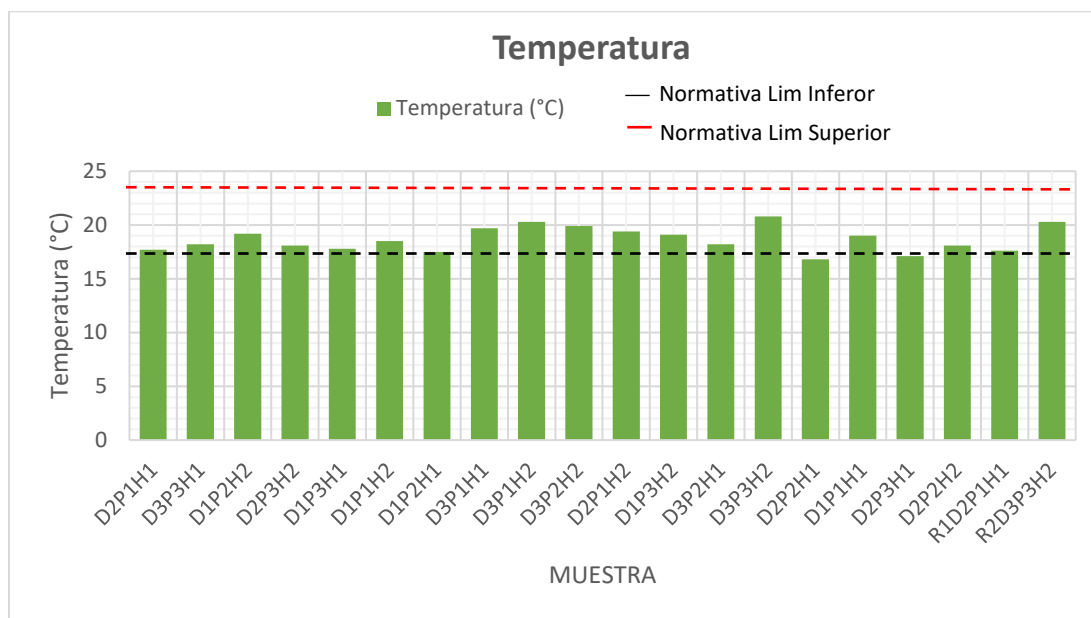


Temperatura

Respecto a este parámetro según la normativa vigente las muestras analizadas cumplen con los límites establecido para la descarga a un cuerpo de agua dulce como se muestra en la Figura 43; ya que la temperatura tiene un límite máximo permisible de la temperatura a condiciones naturales ± 3 °C (Ministerio del Ambiente, 2015).

Figura 43

Comparación de resultados del parámetro Temperatura con la Norma

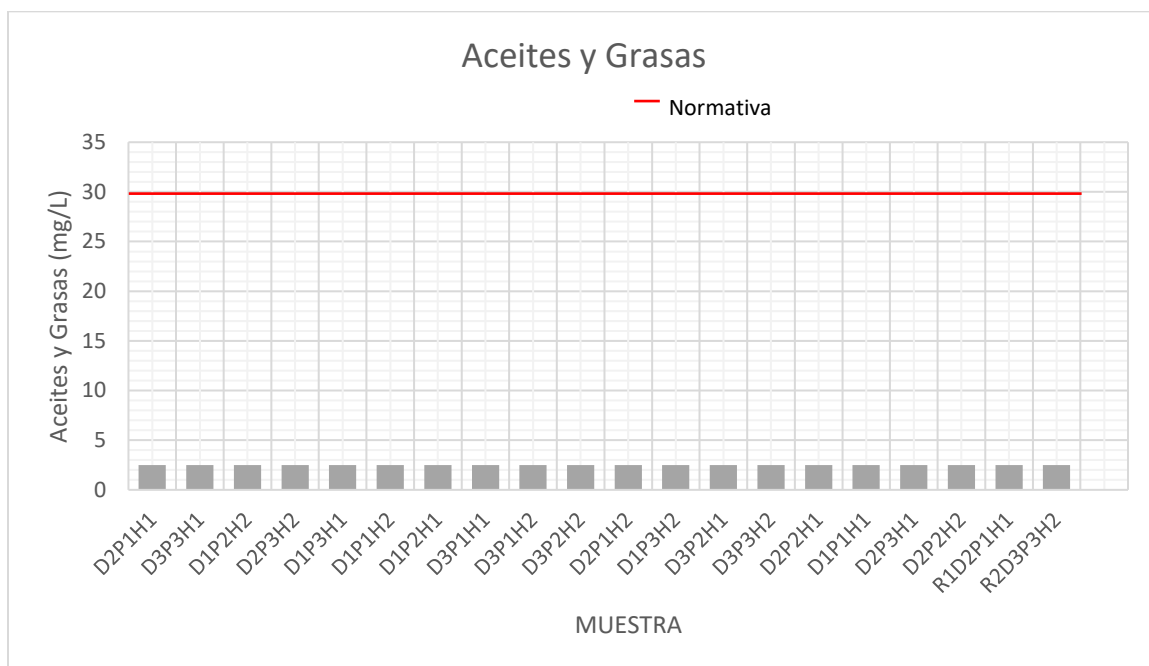


Aceites y grasas

Las muestras analizadas poseen un valor de concentración para el parámetro aceites y grasas igual a <2.5 mg/L, el cual se encuentra dentro de los límites establecidos en la norma; lo que puede ser evidenciado en la Figura 44. El límite establecido para aceites y grasas es de 30.00 mg/L (Ministerio del Ambiente, 2015), evidenciando con ello que este parámetro no es una fuente de contaminación.

Figura 44

Comparación de resultados del parámetro Aceites y Grasas con la Norma

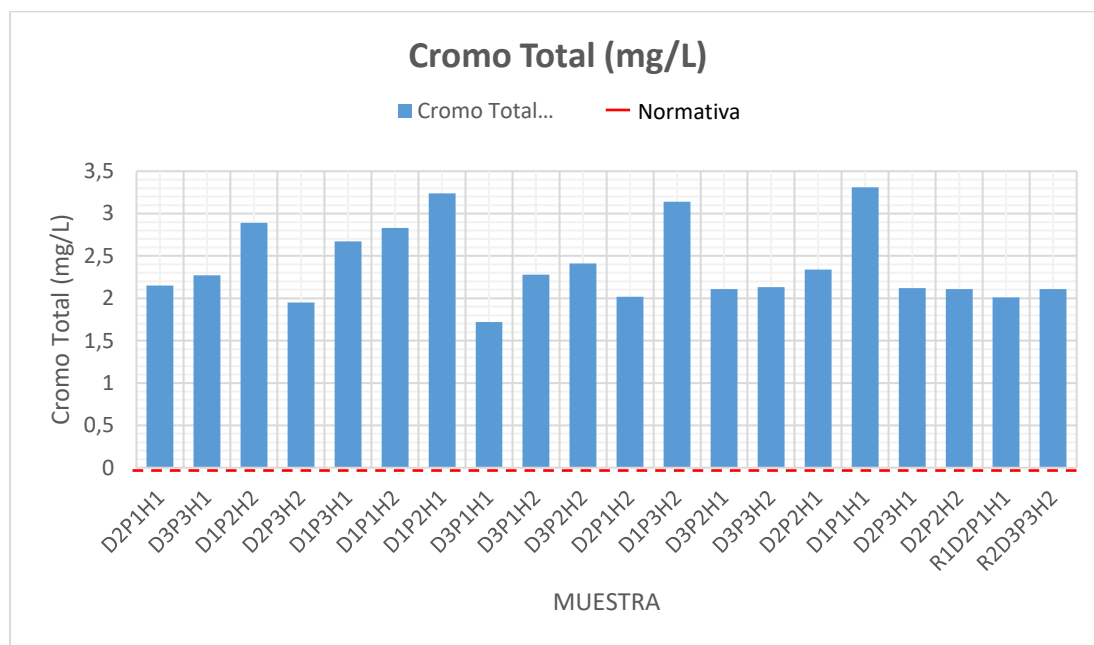


Cromo total

Como se observa en la Figura 45, la concentración de cromo total en cada una de las muestras genera una gran contaminación, ya que sobrepasan los límites establecidos en la norma, la misma que estipula que la concentración de cromo debe ser de 0.032 mg/L como límite máximo para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces (Ministerio del Ambiente, 2015). También se puede indicar que el día Sábado es el día que genera mayor contaminación respecto a este parámetro.

Figura 45

Comparación de resultados del parámetro Cromo Total con la Norma

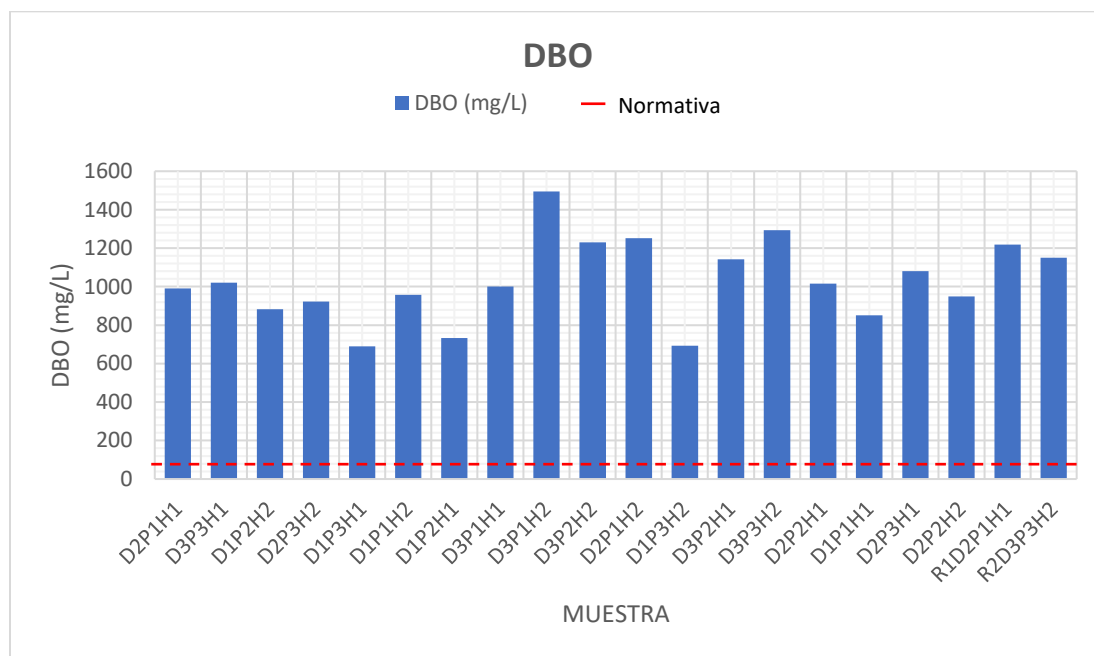


Demanda bioquímica de oxígeno DBO₅

En la Figura 46 se puede evidenciar que las concentraciones de la demanda bioquímica de oxígeno sobrepasan el límite máximo de 100.00 mg/L establecido en la Norma. Estos altos valores están asociados principalmente a la presencia de proteínas, pelos generados en el proceso de pelambre en la industria de curtiembres y a la presencia de tensoactivos (Cerón Chafra, 2011)

Figura 46

Comparación de resultados del parámetro DBO con la Norma

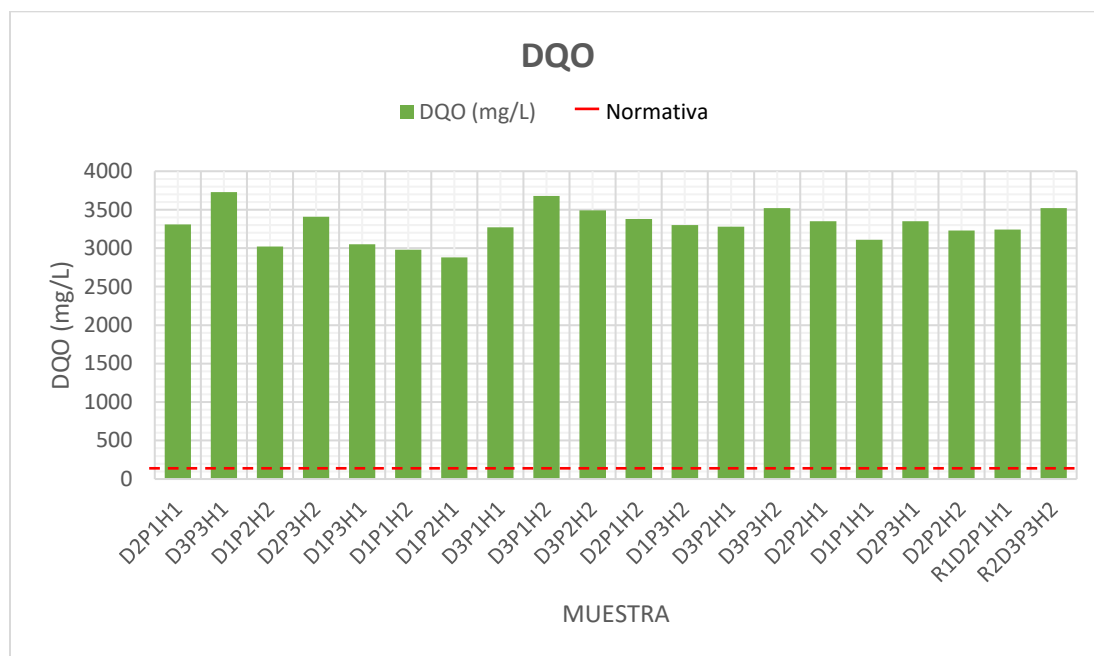


Demanda química de oxígeno DQO

Al igual que el parámetro anterior la concentración de demanda química de oxígeno sobrepasa de gran manera al límite máximo establecido de máximo de 200.00 mg/L, debido al proceso de pelambre que se realiza en la industria como se observa en la Figura 47

Figura 47

Comparación de resultados del parámetro DQO con la Norma



Oxígeno disuelto

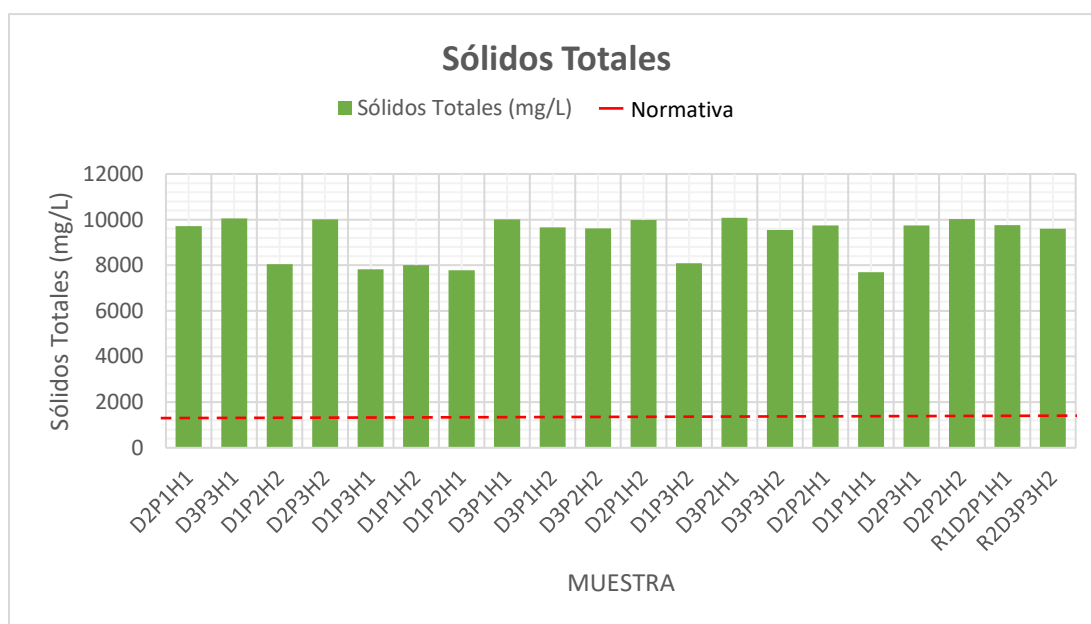
Al encontrarse el agua de la canal contaminada como se evidencia en los anteriores parámetros mencionados esta agua presenta ausencia de oxígeno disuelto por lo cual este parámetro no puede ser comparado con la norma.

Sólidos totales

Las muestras analizadas poseen un valor de concentración significativamente alto en comparación al límite máximo establecido para el parámetro sólidos totales igual a 1,600.00 mg/L, proveniente del 55% del proceso de pelambre (Cerón Chafla, 2011); lo que puede ser evidenciado en la Figura 48.

Figura 48

Comparación de resultados del parámetro Sólidos Totales con la Norma

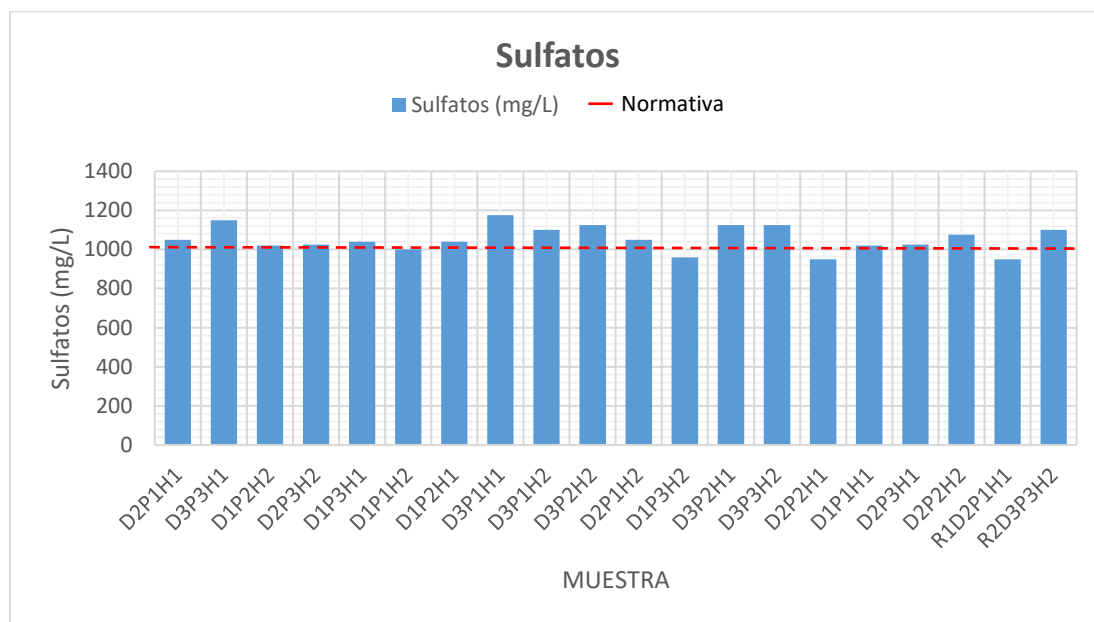


Sulfatos (SO₄)

En la Figura 49 se puede observar que, a diferencia de otros parámetros analizados, los sulfatos no sobrepasan de manera significativa la concentración de 1,000.00 mg/L establecido en la norma, pero esto no significa que no sean generadores de contaminación.

Figura 49

Comparación de resultados del parámetro Sulfatos con la Norma

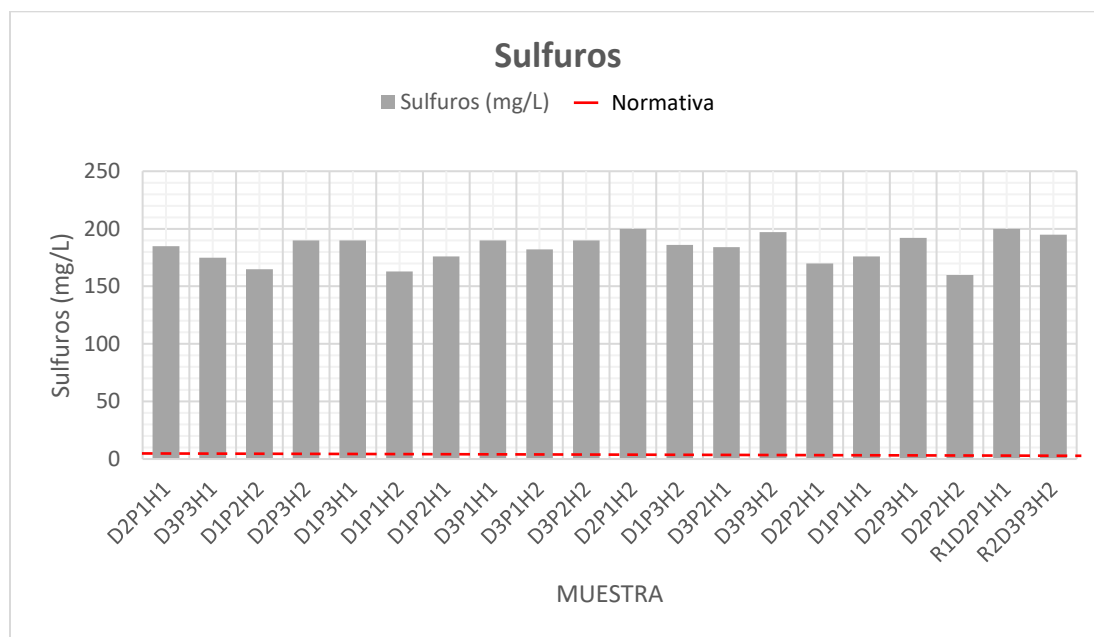


Sulfuros (S)

La concentración de Sulfuros posee un valor de concentración significativamente alto en comparación al límite máximo establecido para este parámetro sólidos igual a 0.5 mg/L , lo que puede ser evidenciado en la Figura 50.

Figura 50

Comparación de resultados del parámetro Sulfuros con la Norma

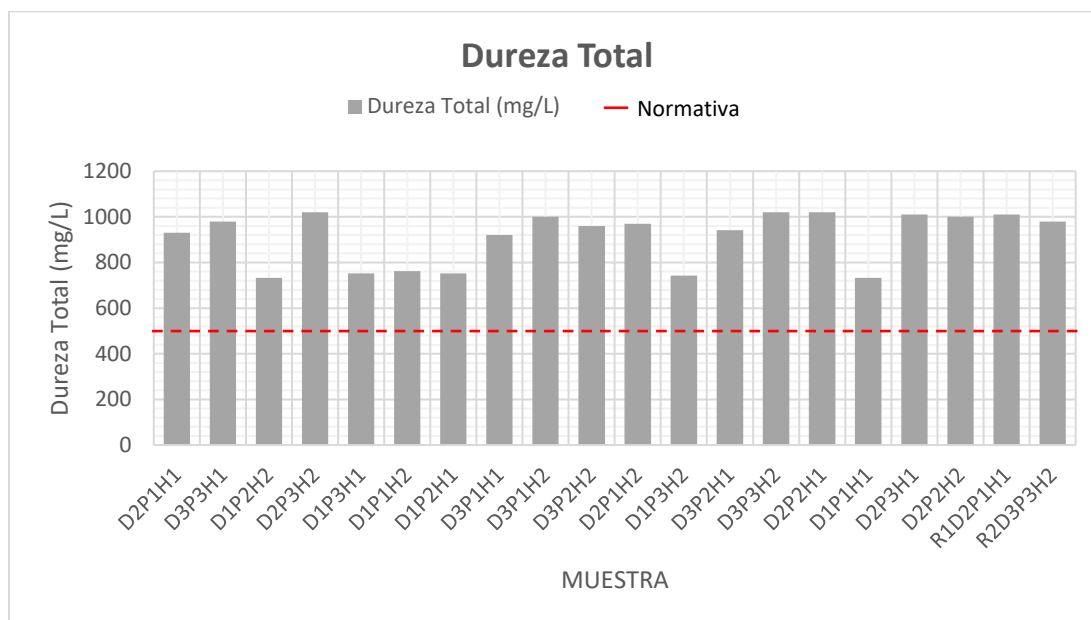


Dureza Total

Este parámetro muestra que se incumplen los límites establecidos de 500 mg/L, siendo esto manifestado en la Figura 51.

Figura 51

Comparación de resultados del parámetro Dureza Total con la Norma

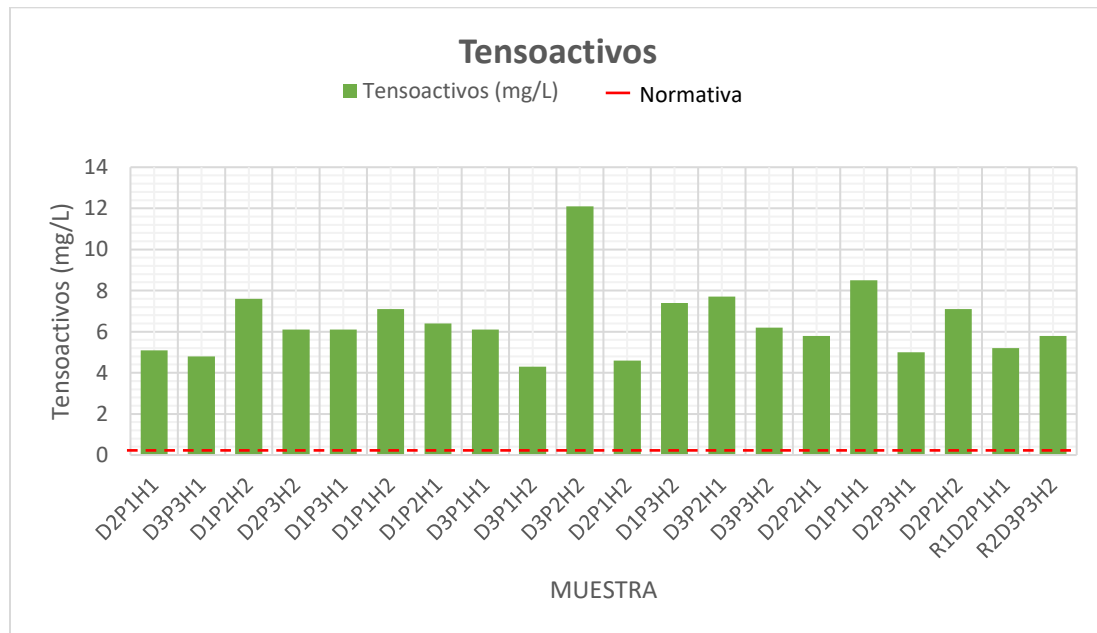


Tensoactivos

Al encontrarse gran concentración de DBO y de DQO la presencia de tensoactivos es inminente, la cual incumple con el límite permisible de 0.5 mg/L, para la descarga a un cuerpo de agua dulce como se muestra en la Figura 52. Cabe mencionar que la mayor contaminación en este parámetro se da el día miércoles, 12H00, punto tres.

Figura 52

Comparación de resultados del parámetro Tensoactivos con la Normativa



CAPÍTULO V

5 Conclusiones Y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

Fueron Evaluadas las propiedades de medios naturales y elementos contaminantes en una zona de Salcedo potencialmente en riesgo a causa de industrias textiles

Se analizaron las muestras del medio seleccionado para conocer propiedades y la concentración de contaminantes

Se generaron conclusiones que permiten una planificación a futuro. Se caracterizaron las muestras en un laboratorio certificado y fueron generados gráficos que permiten presentar la información más relevante.

Se determinaron las propiedades y concentraciones de los contaminantes de las muestras analizadas del agua residual de una industria de curtiembres en la ciudad de Salcedo.

Se tabularon los datos obtenidos y se realizó un análisis estadístico de los resultados obtenidos concluyendo que para el parámetro caudal la interacción doble Hora*Punto no son una fuente de variabilidad a diferencia del resto de factores que sí provocan variabilidad. En la temperatura los factores hora, día son fuentes de variabilidad para el parámetro. El cromo total muestra que el factor día, y la interacción triple Hora*Punto*Día generan variabilidad. No existen fuentes de variabilidad para los parámetros DBO₅, sulfatos y sulfuros.

Los factores hora, punto, día son fuentes de variabilidad para el parámetro DQO. Para los sólidos totales el factor hora y la interacción Hora*Día son fuentes de variabilidad. La dureza

total muestra que el factor día genera variabilidad. En los tensoactivos las interacciones Hora*Día, Hora*Punto*Día no son fuentes de variabilidad.

Los resultados obtenidos fueron comparados con la normativa local y se reconocieron los principales parámetros contaminantes que se encuentran fuera de la normativa.

El pH de las muestras es de 11, el cual se encuentra fuera de los límites establecidos en la normativa indicando que el agua vertida por parte de la industria no recibe un tratamiento de descontaminación.

Con respecto a la Temperatura, la mayor parte de muestras analizadas se encuentra dentro de los límites establecidos, excepto para el día martes en los puntos P2, P3 a las 09H00.

La concentración de aceites y grasas es menor a 2.5 mg/L, la cual es una concentración mínima comparada a la establecida en la normativa evidenciando con ello que este parámetro no es una fuente contaminación.

El parámetro cromo total sobrepasa de manera significativa el límite máximo de concentración, indicando con ello una contaminación en el canal de riego que suministra agua a cultivos y que desemboca en el río Cutuchi.

La concentración para los parámetros demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, sólidos totales y sulfuros sobrepasan el límite de permisibilidad de manera significativa, estos valores se deben a la presencia de proteínas generadas en la fase de pelambre evidenciando con ello que la planta necesita una planta de tratamiento de agua residual.

Los altos valores de DBO y de DQO denotan la presencia de tensoactivos, el mismo que sobrepasa los valores establecidos en las normativas siendo otra fuente de contaminación en el agua.

No existe concentración de oxígeno disuelto en las muestras analizadas, apuntando con ello la ausencia de microorganismos un indicador de contaminación del agua.

Los sulfatos son generadores de contaminación, aunque no sobrepasan de manera significativa la concentración de la normativa en comparación con el resto de parámetros analizados

La dureza total de las muestras analizadas presenta altas concentraciones lo que indica una presunta presencia de otros iones como calcio, magnesio, bario y estroncio en el agua.

5.2 Recomendaciones

La industria de curtiembre debe implementar una planta de tratamiento para desechar el agua al canal de riego. Para la cual se aconseja considerar procesos de diseño tomando en cuenta el caudal y las características del agua.

Se recomienda repetir el presente estudio una vez instalada la planta de tratamiento para determinar la reducción de la presunta contaminación generada por parte de la industria.

Considerar la información presentada sobre esta problemática por parte de autoridades competentes, e exigir informes de la calidad del agua residual a las industrias dedicadas a la curtiduría.

Ampliar el estudio con análisis de repercusiones en el río Cutuchi por parte del agua residual proveniente de la industria de curtiembres y su contaminación.

Desarrollar una investigación con respecto a la contaminación del suelo en este sector generado por la contaminación del agua residual.

Efectuar campañas de comunicación de los posibles riesgos que produce esta vertiente en las zonas afectadas y en las zonas aledañas.

Tomar en cuenta medidas de seguridad necesarias para tomar muestras para los diversos estudios ya que generalmente se requiere el uso de reactivos y la contaminación puede generar efectos adversos en la piel.

Bibliografía

- Alegría Bartolomé, A. E., & Echeagaray Aveiga, R. C. (2017). *Control De La Contaminación En Aguas Residuales De Curtiembres, Mediante Fotocatálisis Heterogénea Con TiO₂*. Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE."
- APHA, AWWA, & WEF. (2017). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, American Public Health Association. In E. APHA, A. AWWA, & R. WEF (Eds.), *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, American Public Health Association* (23RD ed.).
- Arévalo Hidalgo, A. G. (2006). *Evaluación De Un Método P0or Espectroscopía UV-VIS Para La Detección De Contaminantes Orgánicos En Agua*. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Baird, R., Eaton, A., & Rice, E. (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (23rd ed.). Water Environment Federation, American Public Health Association, American Water Works Association. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-382165-2.00237-3>
- Bello, M., & Pino, M. (2000). Medición de Presion y caudal. In *Inia* (Vol. 28, p. 21). <https://www.buenastareas.com/ensayos/Informe-De-Teorema-De-Bernoulli/3108037.html>
- Brandi, J., & Wilson-Wilde, L. (2013). Standard Methods. *Encyclopedia of Forensic Sciences: Second Edition*, 522–527. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-382165-2.00237-3>
- Cerón Chafila, P. (2011). *Estudio de un sistema físico químico a escala prototipo de tratamiento*

de aguas residuales provenientes de una curtiembre. Universidad San Francisco de Quito.

Córdova Bravo, H. M., Vargas Parker, R., Coral Cesare, M. F., Flores del Pino, L., & Visitación Figueroa, L. (2014). Tratamiento de las aguas residuales del proceso de curtido tradicional y alternativo que utiliza a complejantes de cromo. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 80(3), 183–191.

GAD SALCEDO. (2019). Diagnóstico Por Componentes BIOFÍSICO-AMBIENTAL. In *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*. http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/0560000620001_DIAGNOSTICO_POR_COMPONENTES_15-04-2016_15-56-19.pdf

Garay Tinoco, J. A., Pinilla González, C. A., & Díaz Merlano, J. M. (2003). *Manual de técnicas analíticas para la determinación de parámetros fisicoquímicos y contaminantes marinos (aguas, sedimentos y organismos)*.

HACH. (2018). *Sulfide Method 8131*. 1–6.

Harris, D. C. (2007). *Análisis Químico Cuantitativo*. Reverté.

Jefatura Comunicación. (n.d.). *El Cantón Salcedo*. GAD SALCEDO.

<https://www.salcedo.gob.ec/informativo/el-canton-salcedo/>

Jiménez, A. A. (2000). Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas. *Revista Interdisciplinar de Gestión Ambiental*, 2(23), 12–19. <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/otros-recursos-1/OR-F-001.pdf>

Lombeida Rojas, L. V. (2017). *Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para una*

empresa de curtiembre. Universidad Central del Ecuador.

- Mayta, R., & Mayta, J. (2017). Remoción De Cromo Y Demanda Química De Oxígeno De Aguas Residuales De Curtiembre Por Electrocoagulación. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 83(3), 331–340. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v83i3.117>
- Meneses Barroso, Y. M., Patiño Mantilla, P. A., & Betancur, J. F. (2018). Removal of chromium in industrial wastewater using biomass of *Spirulina* sp , primary sedimentation and chemical precipitation. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 10(1), 141–152.
- Ministerio del Ambiente, M. (2015). Norma De Calidad Ambiental Y De Descarga De Efluentes. In *Registro Oficial No. 387* (Issue 097). <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155128.pdf>
- Molina Valencia, W. L., & Torres Dahbura, K. E. (2008). *Propuesta De Actualización En El Desarrollo Didáctico Del Programa De Análisis Químico Cuantitativo*.
- Norma Técnica Ecuatoriana. (1985). *AGUAS. DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO DBO5*.(INEN 1202).
- Ortiz Penagos, N. E., Ayala Esquivel, J., León Luque, A. J., & Mahecha Cepeda, L. C. (2018). Extracción y recuperación de sulfuros de aguas residuales de curtiembres. *Ingeniería y Desarrollo*, 36(2), 285–297. <https://doi.org/10.14482/inde.36.2.10033>
- Remache Tixe, A. M. (2013). *Validación de métodos para el análisis de metales en diferentes matrices por espectrofotometría de absorción atómica*. Universidad Central del Ecuador.
- Reyes, Y. C., Vergara, I., Torres, O. E., Díaz, M., & González, E. E. (2016). Contaminación Por Metales Pesados: Implicaciones En Salud, Ambiente Y Seguridad Alimentaria. *Ingeniería*

Investigación y Desarrollo, 16(2), 66–77.

<https://doi.org/10.19053/1900771x.v16.n2.2016.5447>

Rueda, F. V, Guarín, A. F. M., & Pramparo, L. M. (2019). Evaluación de un sistema de tratamiento de aguas residuales no domésticas para la remoción de carga orgánica en industria de bebidas no alcohólicas. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 53(9), 1689–1699.

Toasa Llumigusín, F. A. (2012). *Validación de los métodos de ensayo para fenoles, tensoactivos, sólidos suspendidos y total de sólidos disueltos (TDS)*.

USEPA. (2007). Graphite furnace atomic absorption spectrophotometry. In *US Environmental Protection Agency* (Issue 7010, pp. 1–24).

Vásconez Novoa, M. (2012). *Validación del método de espectrofotometría de absorción atómica electrotérmica para la determinación de cobre y vanadio en aguas limpias y residuales*. Universidad Central del Ecuador.

Vilca Vergaray, A. (2019). *Determinación de fitohormonas reguladoras de crecimiento en formulados fertilizantes por espectrofotometría ultravioleta, aplicando la técnica de derivada*. Universidad Nacional Federico Villarreal.

ANEXOS