



Evaluación de propiedades de medios naturales y elementos contaminantes en una zona de Salcedo potencialmente en riesgo a causa de industrias textiles. Estado del arte y Muestreo

Montaluisa Zapata, Katherine Pamela

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Petroquímica

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

Urrutia Goyes, Edgar Ricardo, PhD

12 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. Estado del arte y Muestreo**' fue realizado en su totalidad por la señorita **Montaluisa Zapata, Katherine Pamela** 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, 12 de abril del 2021



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

Urrutia Goyes, Edgar Ricardo, PhD

C.C.: 1803599313

Reporte de verificación



Urkund Analysis Result

Analysed Document: Tesis_Montaluisa_rev0_nueva.docx (D100925501)
Submitted: 4/7/2021 11:16:00 PM
Submitted By: kpmontaluisa@espe.edu.ec
Significance: 1 %

Sources included in the report:

<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/51394/1/TESIS%20Klinfor%20Ramon-signed.pdf>
http://192.188.51.77/bitstream/123456789/20381/1/9576_1.pdf
<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/2693/1/T-UTC-00229.pdf>
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/1939/1/MSc.%2024pdf>
<http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/1939/1/MSc.%2024pdf>
https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/3458/Analisis_%20incidencia_descargas_procesooperativo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Instances where selected sources appear:

14



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

Urrutia Goyes, Edgar Ricardo, PhD

C.C.: 1803599313



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE PETROQUÍMICA

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Montaluisa Zapata, Katherine Pamela** con cédula de ciudadanía N.º 0550090468, 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. Estado del arte y Muestreo'** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 12 de abril del 2021

Montaluisa Zapata, Katherine Pamela

C.C.: 0550090468



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE PETROQUÍMICA

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo, **Montaluisa Zapata, Katherine Pamela** con cédula de ciudadanía N.º 0550090468, 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. Estado del arte y Muestreo**' en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 12 de abril del 2021

Montaluisa Zapata, Katherine Pamela

C.C.: 0550090468

Dedicatoria

El presente trabajo se lo dedicó con todo el amor y cariño para mi amado hijo Ian Rodriguez, por ser mi fuente de motivación e inspiración, por ser el pilar fundamental de mi familia que me ayuda a seguir luchando y superándome cada día más con el objetivo de buscar un mejor futuro.

Agradecimientos

A:

Mis padres por ser un ejemplo de superación y perseverancia en mi vida, por enseñarme los valores y a salir adelante a pesar de todos los obstáculos que se me presenten a lo largo de mi vida, además de ser un apoyo durante esta etapa de mi vida.

Mi esposo Oscar por apoyarme siempre en los momentos más difíciles de mi vida y apoyarme de todas las maneras posibles para cumplir con las metas que me he propuesto.

Mi hijo por darme siempre el empuje para seguir adelante y luchar contra las adversidades y pruebas que se han presentado a lo largo de la vida.

PhD. Ricardo Urrutia Goyes, por su ayuda y soporte para el desarrollo de este presente trabajo.

Mis compañeras y amigas quienes sin esperar ningún tipo de recompensa compartían su conocimiento, alegrías y tristezas, así como también fueron un apoyo durante estos cinco años para lograr cumplir la meta planteada.

Tabla de contenidos	
Carátula.....	1
Certificación	2
Reporte de verificación	3
Responsabilidad de autoría.....	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimientos.....	7
Tabla de contenidos	8
Índice de tablas	11
Índice figuras.....	13
Resumen	17
Abstract.....	18
 Introducción	19
 Objetivos	21
 <i>Objetivo general</i>.....	21
 <i>Objetivos específico 1</i>.....	21
 <i>Objetivos específico 2</i>.....	21
 Marco teórico	22
 Ciudad De Salcedo.....	22
 Industria textil de curtiembre	22
 Agua	25
 Metodología.....	31

Ubicación.....	31
Muestras del agua.....	33
Análisis químicos.....	36
Análisis estadístico.....	40
Resultados y discusión	43
Aceites y grasas	46
Cromo total	46
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO ₅).....	51
Demanda Química de oxígeno (DQO).....	56
Dureza total.....	61
Oxígeno disuelto	66
Sólidos totales	67
Sulfatos.....	72
Sulfuros	77
Tensoactivos	82
Caudal	87
Temperatura.....	91
Potencial de Hidrógeno (ph).....	95
Conclusiones y Recomendaciones	97
Conclusiones.....	97
Recomendaciones.....	100
Bibliografía	101

Anexos 104

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Nomenclatura para la toma de muestras</i>	32
Tabla 2. <i>Diseño factorial 2x3x3 para la determinación de la calidad del agua</i>	42
Tabla 3. <i>Límites permisibles para cuerpos de aguas dulces</i>	43
Tabla 4. <i>Datos obtenidos en los análisis de los parámetros de calidad del agua</i>	45
Tabla 5. <i>Análisis de varianza de los datos de la concentración de cromo</i>	47
Tabla 6. <i>Comparaciones mediante Tukey de los factores Hora, Punto, Día de la concentración de cromo total</i>	49
Tabla 7. <i>Análisis de varianza de los datos de DBO₅</i>	52
Tabla 8. <i>Comparaciones mediante Tukey de los factores Hora, Punto, Día del DBO₅</i>	54
Tabla 9. <i>Análisis de varianza de los datos de DQO</i>	57
Tabla 10. <i>Comparaciones mediante Tukey de los factores Hora, Punto, Día del DQO</i>	59
Tabla 11. <i>Análisis de varianza de los datos de la dureza total</i>	62
Tabla 12. <i>Comparaciones mediante Tukey de los factores Hora, Punto, Día de la dureza total</i>	64
Tabla 13. <i>Análisis de varianza de los datos de sólidos totales</i>	69
Tabla 14. <i>Comparaciones mediante Tukey de los factores Hora, Punto, Día de los sólidos totales</i>	70

Tabla 15. <i>Análisis de varianza de los datos de la concentración de sulfatos</i>	73
Tabla 16. <i>Comparaciones mediante Tukey de los factores Hora, Punto, Día de la concentración de sulfatos</i>	75
Tabla 17. <i>Análisis de varianza de los datos de la concentración de sulfuros</i>	78
Tabla 18. <i>Comparaciones mediante Tukey de los factores Hora, Punto, Día de la concentración de sulfuros</i>	80
Tabla 19. <i>Análisis de varianza de los datos de la concentración de tensoactivos</i>	83
Tabla 20. <i>Comparaciones mediante Tukey del factor Hora, Punto y Día de la concentración de tensoactivos</i>	85
Tabla 21. <i>Análisis de varianza de los datos del caudal</i>	88
Tabla 22. <i>Comparaciones mediante Tukey del factor Hora, Punto, Día del caudal</i>	90
Tabla 23. <i>Análisis de varianza de los datos de la temperatura</i>	92
Tabla 24. <i>Comparaciones mediante Tukey del factor Hora, Punto, Día de la temperatura</i>	93

Índice figuras

Figura 1. <i>Diagrama del proceso general de una curtiembre.....</i>	24
Figura 2. <i>Sector urbano de la Ciudad de Salcedo, Parroquia San Miguel.</i>	
Mapa ArcGIS® 2021.....	31
Figura 3. <i>Comparación de los datos de aceites y grasas en los puntos de muestreo.....</i>	46
Figura 4. <i>Gráfica de caja de los datos de la concentración de cromo total.....</i>	47
Figura 5. <i>Gráfica 4 en 1 del Anova de los datos de la concentración de cromo total.....</i>	48
Figura 6. <i>Gráfica de interacciones principales para la concentración cromo total.....</i>	50
Figura 7. <i>Gráfica de interacciones para la concentración cromo total.....</i>	50
Figura 8. <i>Comparación de los datos de cromo total en los puntos de muestreo.....</i>	51
Figura 9. <i>Gráfica de caja de los datos de la concentración de DBO5.....</i>	52
Figura 10. <i>Gráfica 4 en 1 del Anova de los datos del DBO5.....</i>	53
Figura 11. <i>Gráfica de efectos principales para el DBO5.....</i>	54
Figura 12. <i>Gráfica de interacciones para el DBO5.....</i>	55
Figura 13. <i>Comparación de los datos de DBO5 en los puntos de muestreo.....</i>	56
Figura 14. <i>Gráfica de caja de los datos de la concentración de DQO.....</i>	57
Figura 15. <i>Gráfica 4 en 1 del Anova de los datos del DQO.....</i>	58
Figura 16. <i>Gráfica de efectos principales para DQO.....</i>	59
Figura 17. <i>Gráfica de interacciones para el DQO.....</i>	60

Figura 18. <i>Comparación de los datos de DQO en los puntos de muestreo</i>	61
Figura 19. <i>Gráfica de caja de los datos de la concentración de dureza total</i>	62
Figura 20. <i>Gráfica 4 en 1 del Anova de los datos de la dureza total</i>	63
Figura 21. <i>Gráfica de efectos principales para la dureza total</i>	64
Figura 22. <i>Gráfica de interacciones para la dureza total</i>	65
Figura 23. <i>Comparación de los datos de dureza total en los puntos de muestreo</i>	66
Figura 24. <i>Comparación de los datos del oxígeno disuelto en los puntos de muestreo</i>	67
Figura 25. <i>Gráfica de caja de los datos de la concentración de sólidos totales</i>	68
Figura 26. <i>Gráfica 4 en 1 del Anova de los datos de sólidos totales</i>	69
Figura 27. <i>Gráfica de efectos principales para los sólidos totales</i>	71
Figura 28. <i>Gráfica de interacciones para los sólidos totales</i>	71
Figura 29. <i>Comparación de los datos del sólidos totales en los puntos de muestreo</i>	72
Figura 30. <i>Gráfica de caja de los datos de la concentración de sulfatos</i>	73
Figura 31. <i>Gráfica 4 en 1 del Anova de los datos de la concentración de sulfatos</i>	74
Figura 32. <i>Gráfica de efectos principales para la concentración de sulfatos</i>	75
Figura 33. <i>Gráfica de interacciones para la concentración de sulfatos</i>	76

Figura 34. <i>Comparación de los datos de sulfatos en los puntos de muestreo</i>	77
Figura 35. <i>Gráfica de caja de los datos de la concentración de sulfuros</i>	78
Figura 36. <i>Gráfica 4 en 1 del Anova de los datos de la concentración de sulfuros</i>	79
Figura 37. <i>Gráfica de efectos principales para la concentración de sulfuros</i>	80
Figura 38. <i>Gráfica de interacciones para la concentración de sulfuros</i>	81
Figura 39. <i>Comparación de los datos de sulfuros en los puntos de muestreo</i>	82
Figura 40. <i>Gráfica de caja de los datos de la concentración de tensoactivos</i>	83
Figura 41. <i>Gráfica 4 en 1 del Anova de los datos de la concentración de tensoactivos</i>	84
Figura 42. <i>Gráfica de efectos principales para la concentración de tensoactivos</i>	86
Figura 43. <i>Gráfica de interacciones para la concentración de tensoactivos</i>	86
Figura 44. <i>Comparación de los datos de tensoactivos en los puntos de muestreo</i>	87
Figura 45. <i>Gráfica de caja de los datos del caudal</i>	88
Figura 46. <i>Gráfica 4 en 1 del Anova de los datos del caudal</i>	89
Figura 47. <i>Gráfica de efectos principales para el caudal</i>	90

Figura 48. Gráfica de interacciones para el caudal	91
Figura 49. Gráfica de caja de los datos de la temperatura.....	91
Figura 50. Gráfica 4 en 1 del Anova de los datos de la temperatura.....	93
Figura 51. Gráfica de efectos principales para la temperatura	94
Figura 52. Gráfica de interacciones para la temperatura.....	94
Figura 53. Comparación de los datos de temperatura en los puntos de muestreo.....	95
Figura 54. Comparación de los datos de pH en los puntos de muestreo.....	96

Resumen

En el trabajo de investigación se presenta las diferentes industrias textiles más comunes que utilizan procesos químicos los cuales producen contaminación. Se detallará a su vez los efectos y las consecuencias que tiene los procesos químicos de la industria en el ambiente. Mediante una exhaustiva revisión bibliográfica se investigará sobre los diferentes métodos para el muestreo del agua y los análisis que permitirán identificar los diferentes contaminantes que se encuentran en mayor proporción. Se mostrará la ubicación de las industrias textiles que contaminan más en los alrededores de Salcedo. Se determinará la incidencia de aquellas industrias en los cuerpos de agua que se encuentren cerca. Posteriormente se delimitará la cantidad de muestras, el lugar de la toma de muestras y los contaminantes que van a ser analizados con respecto al factor económico y la disponibilidad. Según la normativa vigente se realizará la toma de las muestras, su almacenamiento y su posterior transporte hacia un laboratorio que cuente con las certificaciones correspondientes. Los datos de los análisis realizados al agua se analizarán estadísticamente para la obtención de resultados numéricos los cuales serán representados gráficamente. Se comparará los resultados obtenidos con valores establecidos en la normativa local. Finalmente se propondrán posibles soluciones del problema a futuro o posibles investigaciones sobre los parámetros que tendrán mayor influencia en la contaminación del agua.

Palabras clave:

- **AGUA RESIDUAL**
- **CURTIEMBRES-SALCEDO**
- **CONTAMINACIÓN DEL AGUA-SALCEDO**
- **ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Abstract

The research work presents the different most common textile industries that use chemical processes which produce pollution. The effects and consequences of the chemical processes of the industry on the environment will be detailed in turn.

Through an exhaustive bibliographic review, the different methods for water sampling and the analyzes that will allow to identify the different pollutants that are found in greater proportion will be investigated. The location of the textile industries that pollute the most in the surroundings of Salcedo will be shown. The incidence of those industries in nearby bodies of water will be determined. Subsequently, the number of samples, the place of sampling and the pollutants that will be analyzed with respect to the economic factor and availability will be delimited. According to current regulations, the samples will be taken, stored and later transported to a laboratory that has the corresponding certifications. The data of the analyzes carried out on the water will be statistically analyzed to obtain numerical results which will be represented graphically. The results obtained will be compared with values established in local regulations. Finally, possible solutions to the problem in the future or possible research on the parameters that will have the greatest influence on water pollution will be proposed.

Key words:

- **RESIDUAL WATER**
- **TANNERY - SALCEDO**
- **WATER POLLUTION - SALCEDO**
- **STATISTIC ANALYSIS**

CAPÍTULO I

1. Introducción

El agua es uno de los elementos más importantes en el mundo. El agua es la fuente de vida para todos los seres humanos. La cantidad de agua que contiene el planeta está disminuyendo paulatinamente debido a su alto consumo en muchas actividades tanto industrial como doméstica. En la actualidad la mayoría de las industrias textiles utilizan el agua para sus procesos y luego la desechan para devolverla al ambiente (Correa, 2014).

Para medir la calidad del agua se toma en cuenta diferentes parámetros que permiten la cuantificación de la alteración de las características de la naturaleza o el grado de contaminación que se da en el medio ambiente (Castro, Almeida, Ferrer, & Diaz, 2014). Los parámetros más utilizados para la caracterización de la calidad del agua son: aceites y grasas, cromo total, demanda química de oxígeno (DQO), demanda biológica de oxígeno (DBO_5), dureza total, sólidos totales, oxígeno disuelto, sulfatos, sulfuros, tensoactivos, caudal, temperatura, pH, entre otros (Méndez Pampín, Vidal Sáez, Lorber, & Márquez, 2007).

Para análisis de los parámetros de la caracterización de la calidad del agua se detalla que la técnica de gravimetría es utilizada para la cuantificación de los aceites y grasas y sólidos totales. La técnica de volumetría es utilizada para la cuantificación de DBO_5 , dureza total y oxígeno disuelto. La técnica de espectrofotometría VIS es utilizada para la cuantificación de DQO, sulfatos, sulfuros y tensoactivos, por último la técnica de absorción atómica es utilizada para la cuantificación de cromo total (CICAM, 2021).

La industria textil de cueros o también llamada curtiembre tiene la particularidad de consumir mucha cantidad de agua para sus procesos de

producción del cuero. La curtiembre genera una gran cantidad de desechos líquidos y sólidos procedentes de los procesos de ribera, curtido y recurtido. Los desechos líquidos son cromo, sulfuros y materia orgánica. Los desechos sólidos son principalmente pelo, residuos de piel, virutas de cuero con cromo y piel no usada. Estos desechos son los causantes de la modificación de la calidad del agua (Méndez Pampín et al., 2007).

La norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes (reforma de tulsma) establecida por el ministerio del ambiente de la Republica del Ecuador establece los parámetros mínimos para controlar la contaminación de las descargas a cuerpos de agua. Los límites máximos según tulsma son: aceites y grasas es 30 mg/L, cromo total es 0.032 mg/L, DQO es 200 mg/L, DBO₅ es 100 mg/L, sólidos totales es 1600 mg/L, oxígeno disuelto > 80 % de saturación, sulfatos es 1000 mg/L, sulfuros es 0.5 mg/L, tensoactivos es 0.5 mg/L, temperatura entre 17 °C – 23 °C, pH entre 6.5 – 9 (APHA, 2015).

El presente trabajo analiza la contaminación de agua por el desecho de aguas residuales sin tratamiento previo de una industria textil de curtiembre. La vertiente de agua residual se desemboca hacia el río Cutuchi. Se cuantifica de los parámetros como: aceites y grasas, cromo total, DBO₅, DQO, dureza total, oxígeno disuelto, solidos totales, concentración de sulfatos, concentración de sulfuros, tensoactivos, caudal, temperatura y pH. Se realizó un análisis estadístico factorial tipo 2x3x3, un análisis de varianza (ANOVA) con el nivel de confianza del 95% ($\alpha=0.05$), un análisis de comparaciones entre parejas (Tukey) con un nivel el confianza del 95% ($\alpha=0.05$) y se presentó los diagrama de bloques, gráficas cuatro en uno de Anova y gráfica de comparaciones entre los factores.

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.

1.1.2. Objetivos específico 1

- Ejecutar una revisión literaria relacionada con la industria textil, su relación con la contaminación del ambiente, y las características del entorno local y nacional.

Actividades

- Definir los procesos textiles más comunes que generan contaminación, sus causas y efectos.
- Determinar los contaminantes más estudiados en zonas industriales textiles y sus razones.
- Reconocer los métodos de muestreo para medios y métodos de análisis químicos para propiedades o contaminantes según normativas nacionales e internacionales.

1.1.3. Objetivos específico 2

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

Actividades

- Obtener muestras del medio siguiendo normativas nacionales o internacionales
- Transportar y almacenar las muestras según normativas vigentes

CAPÍTULO II

2. Marco teórico

2.1. Ciudad De Salcedo

La ciudad de salcedo se ubica al sur-oriente de la Provincia de Cotopaxi a unos 2,683 m sobre el nivel del mar, teniendo una extensión de alrededor de 533 km², esta ciudad se encuentra limitada al norte con los cantones de Pujilí y la parroquia Belisario Quevedo perteneciente al cantón Latacunga, al sur con los cantones Ambato y Píllaro los cuales pertenecen a la provincia de Tungurahua, al este con la cordillera de los Andes que se encuentra en la provincia de Napo y al oeste con el cantón Pujilí y la parroquia Angamarca la cuales pertenecen a la provincia de Cotopaxi. (Naranjo, 2020).

La ciudad de Salcedo tiene alrededor de 65,000 habitantes distribuidos en sus parroquia urbana San Miguel y sus parroquias rurales: Cusubamba, Mulliquindil, Mulalillo, Panzaleo, A. José Holguín. Su hidrografía engloba el Río Cutuchi, Río Nagsiche, Río Yanayacú, Río Isinche, Río Salache y el riachuelo Compadre Huayco. El Río Cutuchi es el principal debido a que atraviesa desde el norte hasta el sur de la ciudad. Salcedo posee por toda la extensión de su territorio canales de agua de regadío bien distribuidas las cuales son utilizadas por los habitantes que se dedican a la agricultura y la ganadería (Naranjo, 2020).

2.2. Industria textil de curtiembre

La vida de los seres humanos está relacionada con el uso de las pieles de los animales debido a el uso que se le da en el hogar o la industria, pero las pieles de animales son procesadas para que tengan las propiedades necesarias para su uso. De ahí el nacimiento de las industrias que se dedican a la producción de cuero

a partir de las pieles de los animales como: bovinos, ovinos y caprinos (Martínez Buitrago & Romero Coca, 2017).

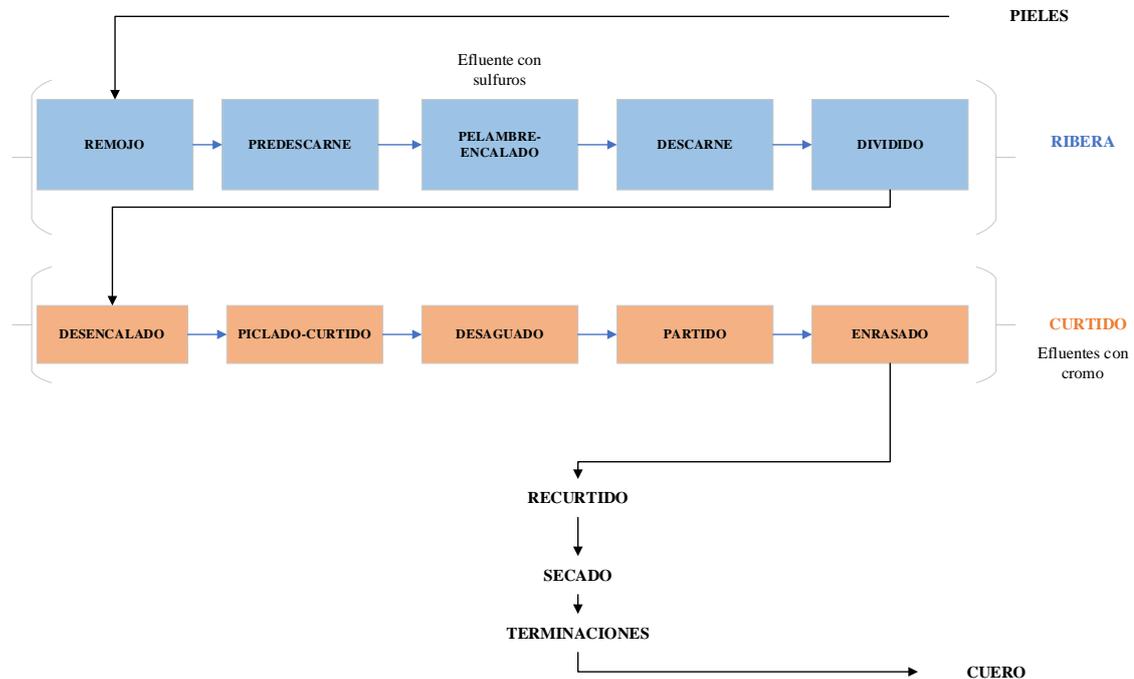
El proceso mediante el cual se transforman las pieles de animales en cuero se denomina curtición. La curtición es una técnica artesanal que mediante la utilización de productos químicos estabiliza la materia orgánica de las pieles para darle las propiedades de durabilidad, elasticidad, flexibilidad y sobre todo la baja posibilidad de pudrirse (Benítez Campo, 2013).

Las curtiembres utilizan una gran cantidad de agua para realizar sus procesos de transformación. Los desechos sólidos así como las aguas residuales del proceso contiene altos contenidos de cromo, sulfuro y materia orgánica lo cuales son desechados al ambiente causando daños al ambiente (Méndez Pampín et al., 2007) .

El proceso general de las curtiembres tiene las etapas de ribera, curtido, recurtido, secado y terminaciones. Dentro de la etapa de ribera se encuentran las subetapas de remojo, predescarne, pelambre encalado, descarne y dividido. Dentro de la etapa de curtido se encuentran las subetapas de desencalado, piclado-curtido, desaguado, partido y enrasado como se observa en la Fig. 1. El proceso no es fijo para todas las industrias textiles de curtiembre puede variar dependiendo del producto que se desee obtener (Méndez Pampín et al., 2007).

Figura 1.

Diagrama del proceso general de una curtiembre



Nota. Tomado de (Méndez Pampín et al., 2007)

En la etapa de ribera se limpia las pieles de residuos como: tierra, sangre, estiércol, grasa y pelo, para ello se añade agua, sulfuro de sodio, cal humectante y óxido de calcio (pelambre-encalado). La etapa de ribera produce más desechos sólidos y líquidos. Los desechos líquidos contienen altos niveles de sulfuro, aceites y grasas, DQO y DBO5. Los desechos sólidos contienen carne, recortes de piel y otros (Rivera Corredor, 2006) .

La etapa de curtido se puede realizar por curtido con cromo que utiliza cromo, sales metálicas y formaldehidos para obtener un cuero suave y delgado. También por curtido vegetal que utiliza bisulfato de sodio, sulfato de amonio y enzimas para obtener un cuero grueso y resistente. En el primer curtido se tiene desechos sólidos como: pelo, carne y grasa y desechos líquidos con altos contenidos de sales y ácidos. En el segundo curtido se tiene desechos líquidos que

contienen amoníaco y ácidos. En las tres últimas etapas del proceso de la Fig. 1 comúnmente se realiza el tinturado de los cueros, se secan y se lavan, produciendo desechos que contienen grasas y colorantes (Rivera Corredor, 2006).

2.3. Agua

El agua es un componente de la naturaleza que representa el 71% de la superficie terrestre formando océanos, lagos, ríos, aguas superficiales, nevados y la atmósfera. Existe dos tipos de agua: el agua dulce la cual es apta para el consumo humano y el agua salada la cual contiene un alto contenido de sal. La cantidad de agua salada es mayor a la cantidad de agua dulce que posee el planeta (Guerrero, 2012).

El agua es uno de los recursos más importantes para la humanidad ya que es la fuente de la vida. Actualmente el agua es muy utilizada para el uso doméstico, uso agrícola, ocio y para cualquier actividad industrial. El alto consumo de agua ha generado que la mayoría de los ríos y lagos se encuentran contaminados (Castro et al., 2014).

2.3.1. Parámetros de la calidad del agua

Para la caracterización de la calidad del agua residual de una curtiembre se tiene que tomar en cuenta tanto las características físicas como las químicas. Los principales parámetros utilizados para la caracterización son: aceites y grasas, cromo total, Demanda química de oxígeno (DQO), demanda biológica de oxígeno (DBO5), dureza total, sólidos totales, oxígeno disuelto, sulfatos, sulfuros, tensoactivos, caudal, temperatura y pH (Méndez Pampín et al., 2007).

Aceites y grasas

Los aceites y grasas son todas las sustancias que contienen lípidos en su estructura y son la consecuencia de los procesos a los que es sometido las pieles para la elaboración del cuero en una curtiembre (Méndez Pampín et al., 2007).

Cromo total

El cromo total engloba la cantidad de cromo hexavalente formando el ion dicromato o el ion cromato y el cromo trivalente. La cantidad de cromo que se encuentra en las aguas residuales depende de la cantidad de cromo que se utiliza en el proceso de la curtición. El cromo es un compuesto altamente peligroso para el ambiente al depositarse en especies acuáticas como peces (Porrás, 2010).

Demanda biológica de oxígeno (DBO5)

La demanda biológica del oxígeno o también llamada DBO5 es la cantidad de oxígeno que consumirían las bacterias o microorganismos durante la degradación aeróbica de la materia orgánica presente en el agua en un tiempo de 5 días (Méndez Pampín et al., 2007) .

Demanda química de oxígeno (DQO)

La demanda química del oxígeno es la cantidad de oxígeno necesaria para degradar la materia orgánica e inorgánica que se encuentra en el agua y formar dióxido de carbono (Méndez Pampín et al., 2007).

Dureza total

La dureza del agua está relacionada con la presencia de los iones metálicos del calcio y magnesio. Es la propiedad que tiene el agua para descomponer el jabón (Méndez Pampín et al., 2007) .

Sólidos totales

Dentro de los sólidos totales se toma los sólidos que se encuentran suspendidos en el agua como aquellos que se encuentran en solución con el agua. Los sólidos totales pueden contener tanto materia orgánica como materia inorgánica (Méndez Pampín et al., 2007) .

Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto es un parámetro muy importante para la determinación de la calidad de agua debido a que el oxígeno es un elemento fundamental para la vida y cuando se encuentra presente en el agua permite la vida acuática (Méndez Pampín et al., 2007).

Sulfatos

La cantidad de sulfatos en el ambiente suele ser muy variable debido al lugar por donde se circule la vertiente de agua pero en altas cantidades puede producir trastornos severos en el ambiente (Rodríguez, Silva, & Reyes, 2010).

Sulfuros

El sulfuro es un ion altamente toxico el cual produce la disminución del oxígeno que se encuentra disuelto en el agua dañando la vida acuática. El sulfuro cuando se convierte en ácido sulfhídrico puede llegar a ser mortal para los seres vivos (Salasm, 2005).

Tensoactivos

Los tensoactivos son parte de los detergentes, en las industrias los que más se utilizan son los tensoactivos aniónicos. Los tensoactivos aniónicos al ser depositados en un cuerpo de agua tiene efectos negativos como la degradación de la vida acuática, la producción de mal olor y espuma en el cuerpo de agua (Muñoz, 2012).

Caudal

El caudal o también llamado flujo volumétrico es la cantidad de volumen del agua que se mueve en un tiempo determinado, el cual permitirá cuantificar la cantidad de agua residual que se produce en una empresa de curtiembre (Méndez Pampín et al., 2007).

Temperatura

La temperatura es una característica física, la cual es importante en la velocidad de las reacciones que se pueden producir en la vertiente de agua (Méndez Pampín et al., 2007).

Potencial de hidrógeno (pH)

El potencial de hidrógeno o más conocido como pH permite determinar si una solución es ácida o básica. El pH está relacionado con la concentración del ion hidrógeno en una disolución. La escala del pH define que para un valor entre 0 y 7 se tiene una solución ácida, para un valor entre 7 y 14 se tiene una solución básica. El valor de 7 en la escala determina que una solución es neutra como es el caso del agua (Skoog, West, Holler, & Crouch, 2015).

El pH de las aguas residuales varía dependiendo de la cantidad del ion hidrogeno que se encuentre libre en la vertiente. El pH será el que determine que reacciones se pueden dar en el agua y si afectará los mecanismos de la vida acuática (Méndez Pampín et al., 2007).

2.3.2. Análisis químicos de los parámetros de la calidad del agua

Los análisis químicos para la determinación de los parámetros de la calidad del agua son los siguientes:

Gravimetría

Es un método analítico cuantitativo que se basa en encontrar la masa del analito de interés. Dentro de los métodos gravimétricos se distinguen dos tipos principalmente. El método de precipitación el cual genera un precipitado con el analito de interés para cuantificar su masa mediante el pesado del mismo. El método de volatilización el cual se basa en la diferencia de volatilidad de la mezcla para separar el analito por destilación permitiendo la cuantificación de su masa mediante el pesado del destilado (Skoog et al., 2015).

Volumetría

Volumetría o también conocido como titulométrico es un método analítico cuantitativo en el cual se mide el volumen de una solución estándar necesaria para reaccionar con el analito de una disolución. La solución estándar es aquella que tiene una concentración conocida. La solución estándar colocada en una bureta es añadida poco a poco en el matraz que contiene la solución de análisis hasta que se haya completado la reacción entre el analito y la solución estándar. El volumen final que se utilizó servirá para la cuantificación de la cantidad de analito presenten en la disolución analizada (Skoog et al., 2015).

Espectrofotometría VIS

Es un método analítico cuantitativo que se basa en la medición de la absorbancia de una disolución a una determinada longitud de onda. La longitud de onda para el caso de la espectrofotometría VIS es entre 380 nm – 780 nm. La absorbancia es la cantidad de luz que absorbe un analito en la disolución. La absorbancia de la disolución servirá para la cuantificación de la concentración de analito mediante la ley de Lambert Beer. La ley de Lambert Beer relaciona la absorbancia con la concentración del analito (Skoog et al., 2015).

Espectrofotometría de absorción atómica con un horno de grafito

Es un método analítico cuantitativo muy sensible con capacidad de determinar muchos metales. La muestra a ser analizada es atomizada en un horno de grafito el cual se encuentra entre 2000 K – 3000 K, la concentración de los átomos en fase vapor se determina midiendo la absorbancia la cual servirá para la cuantificación del analito mediante la ley de Beer (Skoog et al., 2015).

CAPÍTULO III

3. Metodología

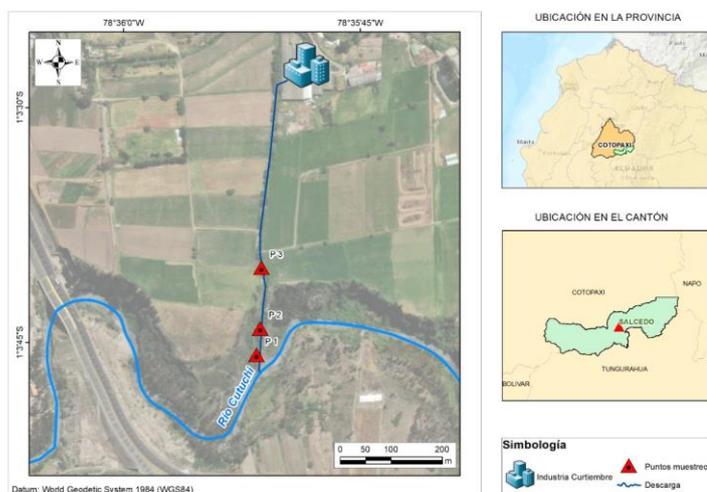
3.1. Ubicación

La ciudad de Salcedo se encuentra ubicada geográficamente a 1.061541° Sur y $78,600,428^{\circ}$ Oeste, para el presente trabajo se tomó una zona urbana con influencia directa de la industria. Dentro de esta zona se tomaron tres lugares específicos para el análisis los cuales tenían una separación aproximada de 100 m.

Como se observa en la Fig. 2 la zona se encuentra rodeada de haciendas en las cuales se puede destacar varios sembríos y terrenos que se usan para la actividad ganadera del sector, pasando por aquel lugar la corriente de agua desechada desembocando en el río Cutuchi siendo la principal vertiente para los cultivos de los sembríos de Salcedo (Naranjo, 2020).

Figura 2.

Sector urbano de la ciudad de Salcedo, parroquia San Miguel. Mapa ARCGIS® 2021



Nota: Recuperado de Esri,Maxar,GeoEye,Earthstar Geographics.

Al diferenciar cada uno de los lugares en los que se muestreo permitió contrastar los resultados de todas las muestras obtenidas, para ello se estudiaron 18 muestras las cuales se dividieron en seis muestras para cada lugar .Se realizó dos repeticiones en los días martes y miércoles para los puntos P1 y P3 para verificación de resultados.

Para cada punto especificado en el mapa de la Fig. 2 se procedió a etiquetar las muestras como se detalla en la Tabla 1, la cual contiene la información acerca del Punto, Día, Hora, número de muestra y el tipo de etiquetado de la misma. Esta representación toma en cuenta los factores que se varió en el desarrollo del presente trabajo.

Para las etiquetas de las muestras se consideró el número de muestra acompañado de: la letra D que representan el Día de muestreo así: martes (D1), miércoles (D2) y sábado (D3), la letra P que representa el Punto de muestreo así: 1 (P1), 2 (P2) y 3 (P3), la letra H que representa la Hora de muestreo así: 9 am (H1) y 12 pm (H2). Para el caso de las repeticiones al lado del numero de la muestra se coloca la letra R que significa replica así: replica 1 (R1), replica 2 (R2).

Tabla 1.

Nomenclatura para la toma de muestras

Etiqueta	Hora	Punto	Días
1 (D2P1H1)	9 am	1	Martes
2 (D3P1H1)	9 am	1	Miércoles
3 (D1P1H1)	9 am	1	Sábado
4 (D2P2H1)	9 am	2	Martes
5 (D3P2H1)	9 am	2	Miércoles
6 (D1P2H1)	9 am	2	Sábado

Etiqueta	Hora	Punto	Días
7 (D2P3H1)	9 am	3	Martes
8 (D3P3H1)	9 am	3	Miércoles
9 (D1P3H1)	9 am	3	Sábado
10 (D2P1H2)	12 pm	1	Martes
11 (D3P1H2)	12 pm	1	Miércoles
12 (D1P1H2)	12 pm	1	Sábado
13 (D2P2H2)	12 pm	2	Martes
14 (D3P2H2)	12 pm	2	Miércoles
15 (D1P2H2)	12 pm	2	Sábado
16 (D2P3H2)	12 pm	3	Martes
17 (D3P3H2)	12 pm	3	Miércoles
18 (D1P3H2)	12 pm	3	Sábado
19 R1 (D2P1H1)	9 am	1	Martes
20 R2 (D3P3H2)	12 pm	3	Miércoles

3.2. Muestreos del agua

La toma de muestras es diferente para cada uno de los parámetros que van a ser analizados por lo cual los procedimientos se detallan a continuación:

Procedimiento para la toma de muestra para la determinación de los aceites y grasas

El procedimiento para la toma de la muestra es: a) coger el agua residual en un balde de aproximadamente unos 7 L, b) se utilizará una solución (1) de ácido sulfúrico como preservante de las grasas en la muestra, c) se utilizará una botella ámbar de 1 L para que los aceites y las grasas no reaccionen con la luz y para que los aceites y grasas no se adhieran a la botella, d) tomar 1 ml de la solución uno,

destapar la botella ámbar y colocar en la botella, e) lavar el embudo con agua destilada, colocar un embudo de plástico en la boca de la botella ámbar, f) llenar la botella con el agua residual que se encuentra en el valde, g) secar totalmente la botella con papel periódico, rotular la botella con la numeración y el código correspondiente al diseño experimental, h) colocar en un cooler con hielos suficientes para mantener la muestra en una temperatura entre 4 °C - 10 °C que es lo solicitado por el laboratorio que realiza los análisis.

Procedimiento para la toma de la muestra para la determinación de Cromo total, DBO5, DQO, Dureza total, Tensoactivos, solidos totales, sulfatos

El procedimiento para la toma de la muestra es: a) Coger el agua residual en un valde de aproximadamente unos 7 L, b) se utilizará una botella plástica de la marca Cielo de 3.5 L ya que es la más óptima para el transporte de la muestra, bien lavada con agua tibia y agua destilada, c) lavar el embudo con agua destilada, después colocarlo en la boca de la botella plástica, d) verter el agua del valde en el embudo y llenar la botella hasta el tope, e) una vez llena la botella, sellar la boca de la botella con un pedazo de film transparente, f) colocar la tapa de la botella y cerrarlo bien para evitar que exista fugas del líquido por la tapa, g) secar totalmente la botella con papel periódico, h) rotular la botella con la numeración y el código correspondiente al diseño experimental, i) colocar en un cooler con hielos suficientes para mantener la muestra en una temperatura entre 4°C - 10 °C que es lo solicitado por el laboratorio que realiza los análisis.

Procedimiento para la toma de muestra para la determinación del oxígeno disuelto

El procedimiento para la toma de la muestra es: a) coger el agua residual en un valde de aproximadamente unos 7 L aproximadamente con el objetivo de que la botella winkler, b) se utilizará la botella winkler de 300ml ya que es la más adecuada

para el transporte de la muestra, c) introducir la botella winkler de forma inclinada para llenarla con mucho cuidado para que no se genere burbujas en el interior de la misma, d) una vez llena la botella, tajarla verificando que no exista burbujas y homogeneizar completamente, e) se utilizará tres soluciones, la primera es el sulfato manganoso cuya finalidad es la de fijar el oxígeno que se encuentre en la muestra de agua, la segunda es una solución álcali yodo yoduro que tiene como fin la precipitación de la materia orgánica que se encuentre en la misma y la tercera es el ácido sulfúrico el cual tiene como propósito la degradación de toda la materia orgánica que es una interferencia para la titulación, f) destapar la botella y colocar la alícuota de 1 ml de la solución uno, tajarla y proceder a su homogenización, g) destapar la botella y colocar la alícuota de 1 ml de la solución dos, tajarla y proceder a su homogenización, h) destapar la botella y colocar la alícuota de 1 ml de la solución tres, tajarla y proceder a su homogenización, i) secar totalmente la botella con papel periódico, j) rotular la botella con la numeración y el código correspondiente al diseño experimental, k) colocar en un cooler con hielos suficientes para mantener la muestra en una temperatura entre 4 °C - 10 °C que es lo solicitado por el laboratorio que realiza los análisis.

Procedimiento para la toma de la muestra para la determinación de Sulfuros

El procedimiento para la toma de la muestra es: a) Coger el agua residual en un balde de aproximadamente unos 7 L aproximadamente con el objetivo de que la botella winkler se sumerja en su totalidad, b) se utilizará la botella winkler de 300ml ya que es la más adecuada para el transporte de la muestra, c) sumergir la botella winkler de forma vertical hasta que el agua residual cubra por completo la tapa de la misma, d) una vez sumergida destapar la botella, e) dejar que se llene por completo con el agua, f) tajar la botella, pero sin sacarla del balde en donde se encuentra sumergida, g) secar totalmente la botella con papel periódico, h) rotular la botella con la numeración y el código correspondiente al diseño experimental, i)

colocar en un cooler con hielos suficientes para mantener la muestra en una temperatura entre 4°C - 10 °C que es lo solicitado por el laboratorio que realiza los análisis.

3.3. Análisis químicos

Procedimiento para el análisis de aceites y grasas en la muestra

El procedimiento para el análisis de los aceites y grasas se lo realiza por el método PE-14/Sm ED.23,2017,5220B/Gravimetría, el cual consiste en: a) colocar la muestra en un embudo de decantación con hexano, b) agitar y dejar reposar, c) una vez que las fases se separen separar la fase orgánica, d) colocar la fase acuosa en la estufa LINDBERG/BLUE a 85 °C para eliminar el solvente, e) pesar en la balanza analítica METTLER TOLEDO para determinar la cantidad de aceites y grasas que contiene la mezcla (Brandi, Eaton, & Rice, 2017). Los materiales, reactivos y procedimiento detallado del método PE-14/Sm ED.23,2017,5220B/Gravimetría se encuentra en el Anexo 1.

Procedimiento para el análisis de Cromo total en la muestra

El procedimiento para el análisis de cromo total se lo realiza por el método de absorción atómica/EPA 7010, en el cual: a) realizar la digestión de la muestra según el Método 3020A por el alto contenido de la materia orgánica que posee, b) la muestra se digiere con 5 ml de ácido nítrico, c) calentar suavemente hasta 120 °C, d) dejar enfriar la muestra, e) colocar la muestra en el espectrómetro de absorción atómica marca Perkin Elmer modelo PPinAAcle-900H a la longitud de onda de 357.9 nm (US Environmental Protection Agency, 2007). Los materiales, reactivos y procedimiento detallado del método absorción atómica/EPA 7010 se encuentra en el Anexo 2.

Procedimiento para el análisis de DBO₅ en la muestra

El procedimiento para el análisis de DBO₅ se lo realiza por el método de PE-06/ SM Ed.23, 2017, 5210 B/ Volumetría, en el cual: a) preparar una agua de disolución, b) añadir el agua de disolución a las seis botellas de sellado hasta llenarla sin dejar que ingrese aire, c) las tres primeras determinar el DBO₅ por volumetría y las otras tres se sellan completamente y se deja incubar por cinco días a 20 °C, d) pasado los 5 días determinar el DBO₅ por volumetría (Brandi et al., 2017)(Norma Técnica Ecuatoriana, 1985). Los materiales, reactivos y procedimiento detallado del método PE-06/ SM Ed.23, 2017, 5210 B/ Volumetría se encuentra en el Anexo 3.

Procedimiento para el análisis de DQO en la muestra

El procedimiento para el análisis de DQO se lo realiza por el método espectrofotometría UV-VIS/Standard Methods 5220D, en el cual: a) realizar la digestión de la muestra con el reactivo Hach en un bloque digestor marca HACH a 150 °C durante dos horas, b) enfriar a temperatura ambiente, c) medir en el espectrofotómetro UV-Vis Marca HACH a una longitud de onda de 420 nm (Brandi et al., 2017). Los materiales, reactivos y procedimiento detallado del método espectrofotometría UV-VIS/Standard Methods 5220D se encuentra en el Anexo 4.

Procedimiento para el análisis de la Dureza Total en la muestra

El procedimiento para el análisis de la dureza total se lo realiza por el método titulación EDTA, basada en la norma 2340, en el cual: a) preparar una solución de EDTA 0.01 M y una solución tampón cloruro de amonio, hidróxido de amonio y sal de magnesio EDTA, b) diluir 25 ml de la muestra con agua destilada y agregar 1 ml de la solución tampón para llegar al pH de 10, c) colocar dos gotas de indicador negro eriocromo, d) titular lentamente con EDTA hasta que la muestra tome un color

azul (Brandi et al., 2017). Los materiales, reactivos y procedimiento detallado del método titulación EDTA, basada en la norma 2340 se encuentra en el Anexo 5.

Procedimiento para el análisis del oxígeno disuelto en la muestra

El procedimiento para el análisis del oxígeno disuelto se lo realiza por el método PE-18/ SM Ed.23, 2017, 4500-O C/ Volumetría, en el cual: a) preparar una solución estándar de tiosulfato de sodio 0.025 M, b) titular la muestra con el tiosulfato de sodio hasta que la muestra tome un color amarillo, c) agregar unas gotas de almidón y continuar la titulación hasta que la muestra pierda el color azul (Brandi et al., 2017). Los materiales, reactivos y procedimiento detallado del método titulación EDTA, basada en la norma 2340 se encuentra en el Anexo 6.

Procedimiento para el análisis de la Sólidos totales en la muestra

El procedimiento para el análisis del sólidos totales se lo realiza por el método PE-34/SM Ed.23, 2017, 2540B/ Gravimetría, en el cual: a) preparar el plato evaporador según la norma, b) colocar 25 ml de la muestra en el plato preparado anteriormente, c) evaporar en la estufa marca LINDBERG/BLUE de 103°C a 105 °C durante una hora, d) sacar la muestra de la estufa y pesar de inmediato, e) continuar con el proceso de secado hasta obtener un peso constante (Brandi et al., 2017). Los materiales, reactivos y procedimiento detallado del método titulación EDTA, basada en la norma 2340 se encuentra en el Anexo 7.

Procedimiento para el análisis de Sulfatos en la muestra

El procedimiento para el análisis del sulfatos se lo realiza por el método PE-47/ SM Ed.23, 2017, 4500 - SO₄⁻² E/ Espectrofotometría VIS en el cual: a) preparar la solución tampón A , b) medir 100 ml de la muestra y colocar 20 ml de la solución tampón A, c) colocar una cuchara de cristales del cloruro de bario y mantener agitando por 60 s a velocidad constante, d) colocar esta mezcla en la celda del espectrofotómetro UV-VIS marca HACH, e) medir la absorbancia de mezcla, f)

calcular la cantidad de sulfatos mediante la absorbancia de la mezcla y una curva de calibración (Brandi et al., 2017). Los materiales, reactivos y procedimiento detallado del método PE-47/ SM Ed.23, 2017, 4500 - SO₄ -2 E/ Espectrofotometría VIS se encuentra en el Anexo 8.

Procedimiento para el análisis de la Sulfuros en la muestra

El procedimiento para el análisis del sulfuros se lo realiza por el método azul de metileno basado en la norma 8131 en el cual: a) tomar 1 ml de la muestra y diluir con 400 ml de agua tipo I, b) encender el espectrofotómetro UV- VIS marca HACH, c) colocar el programa 690 sulfuro, d) preparar el blanco y medir, e) colocar la muestra y medir, f) el equipo dará la cantidad de sulfuros (HACH company, 2018). Los materiales, reactivos y procedimiento detallado del método azul de metileno basado en la norma 8131 se encuentra en el Anexo 9.

Procedimiento para el análisis de la Tensoactivos en la muestra

El procedimiento para el análisis de tensoactivos se lo realiza por el método PE-03/ SM Ed.23, 2017, 5540 C/ Espectrofotometría VIS/ Anionic Surfactants as MBAS en el cual: a) preparar una solución stock de LAS y construir una curva de calibración, b) se realiza el emparejamiento y extracción de los iones con hidróxido de sodio e ácido sulfúrico, f) colocar la muestra en el espectrofotómetro UV-VIS de marca HACH g) determinar la absorbancia en una longitud de onda de 652 nm (Brandi et al., 2017). Los materiales, reactivos y procedimiento detallado del método PE-03/ SM Ed.23, 2017, 5540 C/ Espectrofotometría VIS/ Anionic Surfactants as MBAS se encuentra en el Anexo 10.

Procedimiento para el análisis de Caudal

Para la medición del caudal se utilizó un valde de aproximadamente unos 10 L y un cronómetro, el procedimiento es: a) colocar el valde en la corriente de agua, b) registrar el tiempo que demora en llenar un volumen determinado, c) repetir el procedimiento por triplicado. Para el cálculo del caudal se divide el volumen para el tiempo registrado y se convierte a L/min.

Procedimiento para el análisis de Temperatura

La medición de la temperatura a la cual se encuentra la vertiente de agua se lo realizó con un termómetro digital infrarrojo marca Sain Sonic serie SS5380. Se registro por triplicado. Para el cálculo de la temperatura se realiza un promedio de las tres temperaturas.

Procedimiento para el análisis de pH

La medición del pH de la vertiente se lo realiza con las tiras de pH, recogiendo un volumen del agua residual en un recipiente y colocar la tira de pH. Para saber el valor de pH se compara la coloración de la tira con la tabla de colores establecida para cada valor.

3.4. Análisis estadístico

Una vez realizado los análisis y tener los datos de los parámetros establecidos, fueron analizados en el software estadístico Minitab®, se aplicó el diseño factorial tipo 2x3x3, los datos se muestran en la Tabla 2 para cada factor analizado y el respectivo análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95 % ($\alpha=0.05$) y la aplicación de la comparación de Tukey con un nivel de confianza del 95 % ($\alpha=0.05$).

Para la comprobación de los datos de las 18 muestras, se realizaron dos replicas las cuales representan el 10 % de las muestras tomadas. Las réplicas

fueron escogidas de acuerdo a los datos que no tenían una similitud con los demás valores.

La relación que exista entre cada uno de los parámetros analizados con los factores Hora, Día y Punto, así como también la interacción entre los niveles de cada uno de los factores serán representados mediante gráficas y tablas en el capítulo de resultados y discusión.

CAPÍTULO IV

4. Resultados y discusión

Para el desarrollo del presente análisis se consideraron las muestras del agua residual y la información establecida en la norma de calidad ambiental de la republica del Ecuador, los valores del límite máximo permisible de los parámetros de acuerdo a la norma se observa en la Tabla 3 (APHA, 2015).

Tabla 3.

Límites permisibles para cuerpos de aguas dulces

Parámetros	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	30 mg/L
Cromo total	0.032 mg/L
DBO ₅	100 mg/L
DQO	200 mg/L
Dureza total	500 mg/L
Oxígeno disuelto	>0.8 % de saturación
pH	6.5 – 9
Sólidos totales	1,600 mg/L
Sulfatos	1,000 mg/L
Sulfuros	0.5 mg/L
Temperatura	17 °C – 23 °C
Tensoactivos	0.5 mg/L

Nota. Tomado de (APHA, 2015), (Rodriguez, 2009)

Los datos obtenidos en el análisis de cada uno de los parámetros establecidos se colocaron en cada una de las casillas correspondientes de acuerdo

a los niveles de cada factor que se analiza cómo se observa en la Tabla 4, además los valores que se encuentran resaltados con color celeste representan los datos que no cumplen con los valores permitidos por la norma local establecida, los cuales se detallaron en la Tabla 3.

Tabla 4.

Datos obtenidos en los análisis de los parámetros de calidad del agua

N° muestra	Orden Corrida	Hora	Punto	Día	Aceites y grasas	chromo total	DBO5	DQO	Dureza total	Oxígeno disuelto	Solidos totales	Sulfatos	Sulfuros	Tensoactivos	Caudal	Temperatura	PH
					mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	% de saturación	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	L/min	°C	
1	1	9 am	P1	Martes	2.5	2.15	991	3,310	931	0	9,718	1,050	185	5.1	2.019	17.7	11
8	2	9 am	P3	Miércoles	2.5	2.27	1,021	3,730	980	0	10,048	1,150	175	4.8	4.645	18.2	11
15	3	12 pm	P2	Sábado	2.5	2.89	882	3,020	733	0	8,046	1,020	165	7.6	2.488	19.2	11
16	4	12 pm	P3	Martes	2.5	1.95	922	3,410	1,020	0	10,010	1,025	190	6.1	3.689	18.1	11
9	5	9 am	P3	Sábado	2.5	2.67	689	3,050	752	0	7,816	1,040	190	6.1	2.113	17.8	11
12	6	12 pm	P1	Sábado	2.5	2.83	957	2,980	762	0	8,000	1,000	173	7.1	2.752	18.5	11
6	7	9 am	P2	Sábado	2.5	3.24	733	2,880	752	0	7,782	1,040	176	6.4	2.484	17.5	11
2	8	9 am	P1	Miércoles	2.5	1.72	1,000	3,270	921	0	10,016	1,175	190	6.1	3.112	19.7	11
11	9	12 pm	P1	Miércoles	2.5	2.28	1,494	3,680	1,000	0	9,654	1,100	182	4.3	3.378	20.3	11
14	10	12 pm	P2	Miércoles	2.5	2.41	1,230	3,490	960	0	9,610	1,125	190	12.1	4.337	19.9	11
10	11	12 pm	P1	Martes	2.5	2.02	1,252	3,380	970	0	9,980	1,050	200	4.6	2.966	19.4	11
18	12	12 pm	P3	Sábado	2.5	3.14	693	3,300	743	0	8,090	960	186	7.4	1.026	19.1	11
5	13	9 am	P2	Miércoles	2.5	2.11	1,142	3,280	941	0	10,082	1,125	184	7.7	3.718	18.2	11
17	14	12 pm	P3	Miércoles	2.5	2.13	1,293	3,520	1,020	0	9,552	1,125	197	6.2	4.890	20.8	11
4	15	9 am	P2	Martes	2.5	2.34	1,015	3,350	1,020	0	9,748	950	170	5.8	3.373	16.8	11
3	16	9 am	P1	Sábado	2.5	3.31	851	3,010	733	0	7,692	1,020	176	8.5	2.211	19.0	11
7	17	9 am	P3	Martes	2.5	2.12	1,081	3,350	1,010	0	9,740	1,025	192	5.0	1.734	17.1	11
13	18	12 pm	P2	Martes	2.5	2.11	950	3,230	1,000	0	10,030	1,075	160	7.1	4.178	18.1	11
19	19	9 am	P1	Martes	2.5	2.01	1,219	3,240	1,010	0	9,756	950	200	5.2	2.163	17.6	11
20	20	12 pm	P3	Miércoles	2.5	2.11	1,151	3,520	980	0	9,608	1,100	195	5.8	5.039	20.3	11

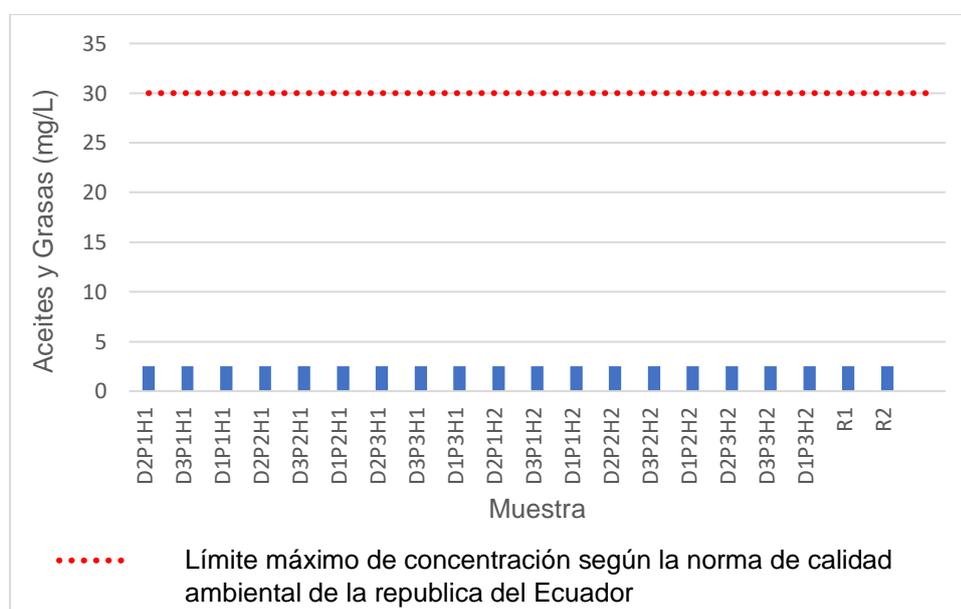
4.1. Aceites y grasas

Comparación con la normativa local

El total de las muestras analizadas se encuentran por debajo del límite permisible establecidos en la “Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes” (APHA, 2015), por lo cual según el análisis de aceites y grasas todas las muestras no están contaminadas, como se observa en la Fig. 3. Donde los valores de aceites y grasas se mantienen en un valor constante de 2.5 mg/L.

Figura 3.

Comparación de los datos de aceites y grasas en los puntos de muestreo



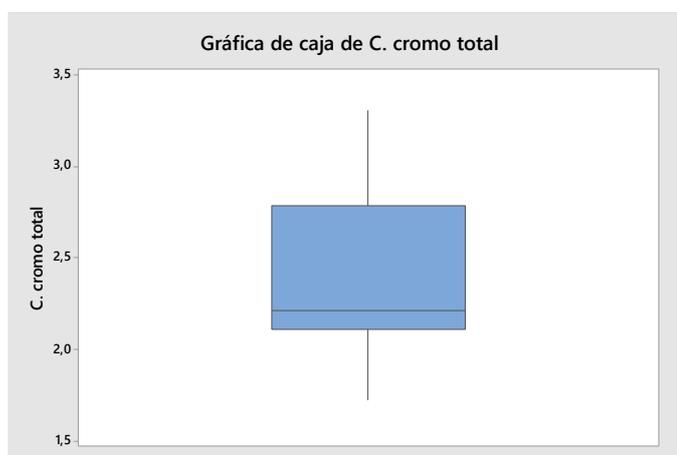
4.2. Cromo total

Análisis estadístico

Los datos del análisis de cromo total demuestran un comportamiento en el cual su media es de 2.391 teniendo un valor mínimo de 1.720 y un valor máximo de 3.310, siendo su primer cuartil 2.11, la mediana 2.210, su tercer cuartil 2.790 y el coeficiente de variación de 19.29 como se puede observar en la Fig. 4.

Figura 4.

Gráfica de caja de los datos de la concentración de cromo total



Con un nivel de confianza del 95%, se observa en la Fig. 5 los datos obtenidos no se ajustan a la línea de distribución normal, también se nota que las varianzas de los datos no son constantes y que los datos no son aleatorios.

Como se observa en la Tabla 5 se tiene grados de libertad disponibles, así también se rechaza la hipótesis nula para el factor Día y para la interacción triple, además se acepta la hipótesis nula para los factores Hora, Punto y las tres interacciones dobles entre los factores. Por lo tanto, el factor Día y la interacción triple son una fuente de variabilidad en la concentración del cromo total en las muestras en cambio los factores Hora, Punto y las tres interacciones dobles no presentan un factor de variabilidad en la concentración del cromo total en las muestras.

Tabla 5.

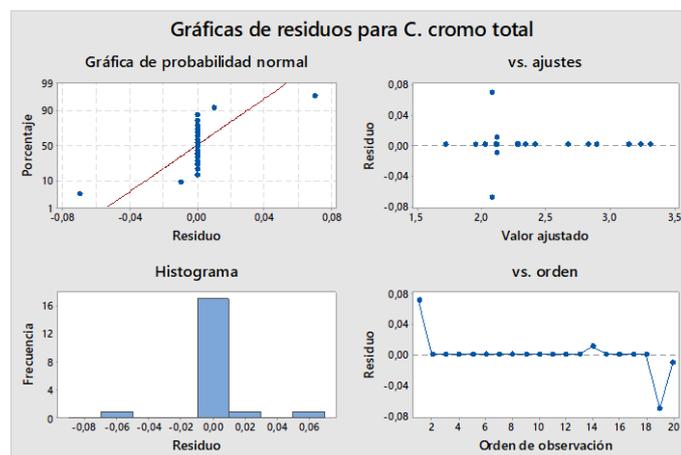
Análisis de varianza de los datos de la concentración de cromo

Fuente	GI	Sc Ajust.	Mc Ajust.	Valor F	Valor p
Hora	1	0.00071	0.00071	0.14	0.742

Fuente	GI	Sc Ajust.	Mc Ajust.	Valor F	Valor p
Punto	2	0.08168	0.04084	8.17	0.109
Día	2	3.23613	1.61806	323.61	0.003
Hora*Punto	2	0.01676	0.00838	1.68	0.374
Hora*Día	2	0.15133	0.07566	15.13	0.062
Punto*Día	4	0.07802	0.01951	3.90	0.214
Hora*Punto*Día	4	0.41441	0.10360	20.72	0.047
Error	2	0.01000	0.00500		
Total	19	4.03990			

Figura 5.

Gráfica 4 en 1 del Anova de los datos de la concentración de cromo total



Como se observa en la Fig. 6, las medias de los factores hora y punto son iguales en cambio para el factor día la media del nivel sábado es mayor a la media de los niveles martes y miércoles, como se muestra en la Tabla 6 del análisis de comparaciones múltiples mediante Tukey. Adicional a esto se observa en la Fig. 7

que las interacciones dobles entre los factores de análisis no son fuente de variabilidad.

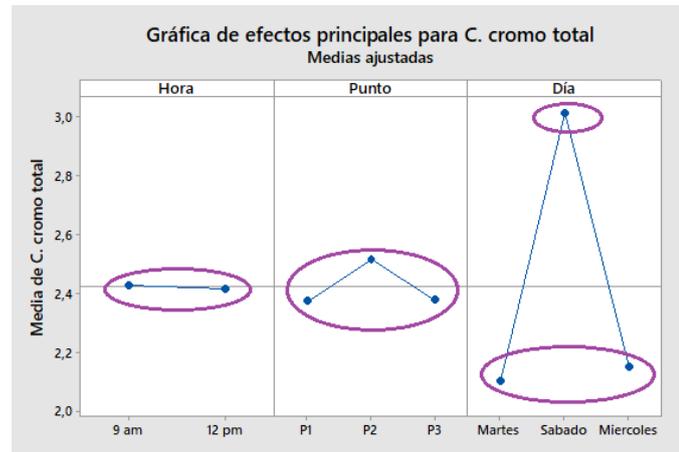
Tabla 6.

Comparaciones mediante Tukey de los factores hora, punto, día de la concentración de cromo total

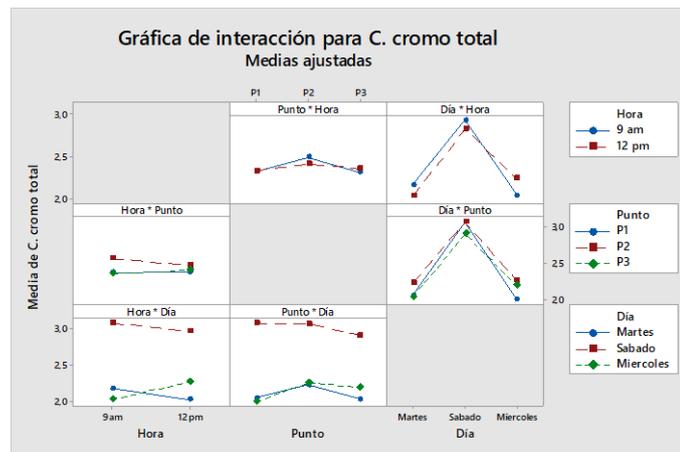
Factor	N	Media	Agrupación
9 am	10	2.42889	A
12 pm	10	2.41667	A
P2	6	2.51667	A
P3	7	2.37833	A
P1	7	2.37333	A
Sábado	6	3.01333	A
Miércoles	7	2.15167	B
Martes	7	2.10333	B

Figura 6.

Gráfica de interacciones principales para la concentración cromo total

**Figura 7.**

Gráfica de interacciones para la concentración cromo total



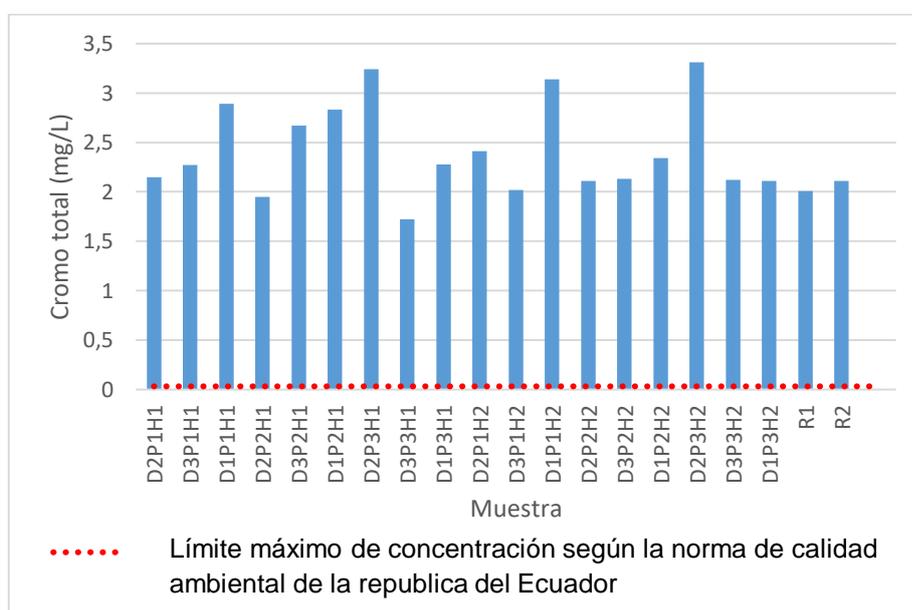
Comparación con la normativa

El total de las muestras analizadas se encuentran por encima del límite permisible establecidos en la “Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes” (APHA, 2015), por lo cual según el análisis del parámetro cromo total todas las muestras están altamente contaminadas, como se observa en la Fig. 8. Donde los valores de cromo total varían entre 3.31 mg/L y 1.72 mg/L los cuales

corresponden a las muestras D2P3H2 y D3P3H1 como valores máximos y mínimos respectivamente.

Figura 8.

Comparación de los datos de cromo total en los puntos de muestreo



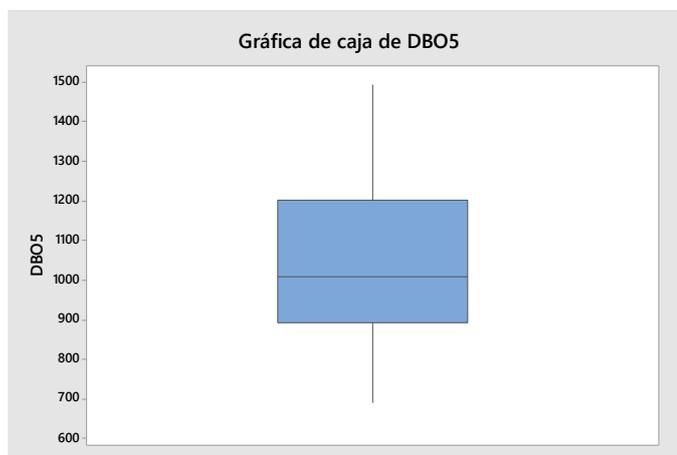
4.3. Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅)

Análisis estadístico

Los datos del análisis de DBO₅ demuestran un comportamiento en el cual su media es de 1028.3 teniendo un valor mínimo de 689 y un valor máximo de 1494, siendo su primer cuartil 892, la mediana 1007.5, su tercer cuartil 1202 y el coeficiente de variación de 20.42 como se puede observar en la Fig. 9.

Figura 9.

Gráfica de caja de los datos de la concentración de DBO₅



Con un nivel de confianza del 95%, se observa en la Fig. 10 los datos obtenidos no se ajustan a la línea de distribución normal, también se nota que las varianzas de los datos no son constantes y que los datos no son aleatorios.

Como se observa en la Tabla 7 se tiene grados de libertad disponibles, así también se acepta la hipótesis nula para todos los factores, las tres interacciones dobles y la interacción triple entre los factores. Por lo tanto, los factores Hora, Punto, Día, las tres interacciones dobles y la interacción triple no presentan un factor de variabilidad en la concentración de DBO₅ en las muestras.

Tabla 7.

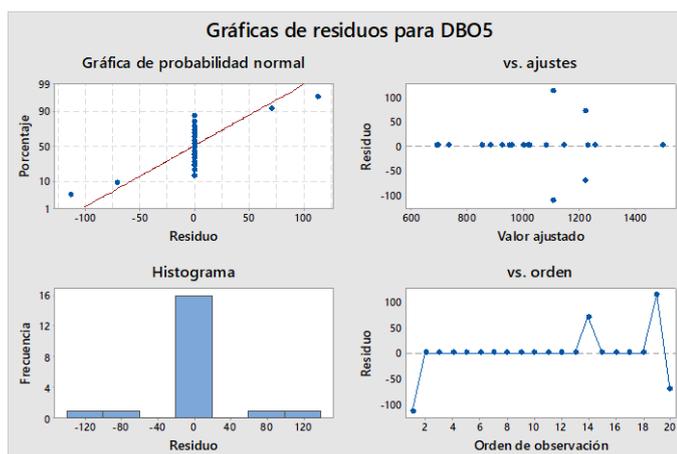
Análisis de varianza de los datos de DBO₅

Fuente	GI	Sc ajust.	Mc ajust.	Valor F	Valor p
Hora	1	54,778	54,778	3.04	0.224

Fuente	GI	Sc ajust.	Mc ajust.	Valor F	Valor p
Punto	2	54,778	54,778	3.04	0.224
Día	2	473,677	236,839	13.13	0.071
Hora*Punto	2	50,433	25,216	1.40	0.417
Hora*Día	2	68,246	34,123	1.89	0.346
Punto*Día	4	15,866	3,966	0.22	0.907
Hora*Punto*Día	4	27,761	6,940	0.38	0.811
Error	2	36,074	18,037		
Total	19	837,322			

Figura 10.

Gráfica 4 en 1 del Anova de los datos del DBO₅



Como se observa en la Fig. 11, las medias de los factores hora, punto y día son estadísticamente iguales, como se muestra en la Tabla 8 del análisis de comparaciones múltiples mediante Tukey. Adicional a esto se observa en la Fig. 12 que las interacciones dobles entre los factores de análisis no son fuente de variabilidad.

Tabla 8.

Comparaciones mediante Tukey de los factores hora, punto, día del DBO₅

Factor	N	Media	Agrupación
12 pm	10	1066,89	A
9 am	10	959,67	A
P1	7	1109,83	A
P2	6	992,00	A
P3	7	938,00	A
Miércoles	7	1184,83	A
Martes	7	1054,17	A
Sábado	6	800,83	A

Figura 11.

Gráfica de efectos principales para el DBO₅

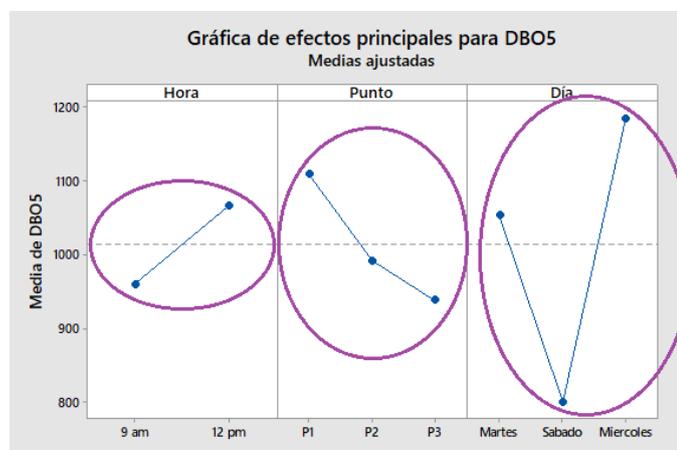
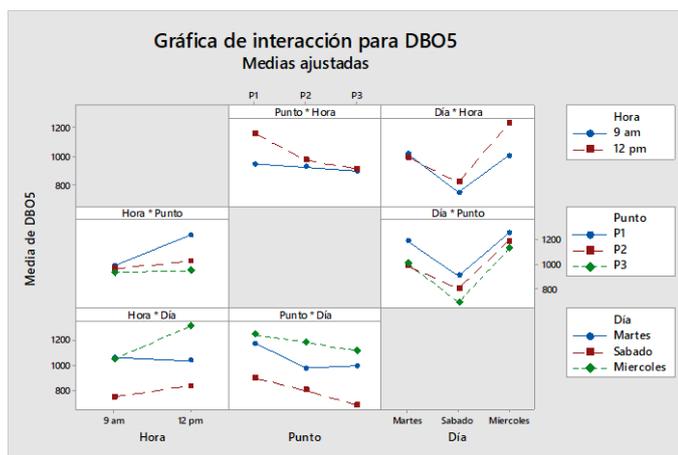


Figura 12.

Gráfica de interacciones para el DBO₅

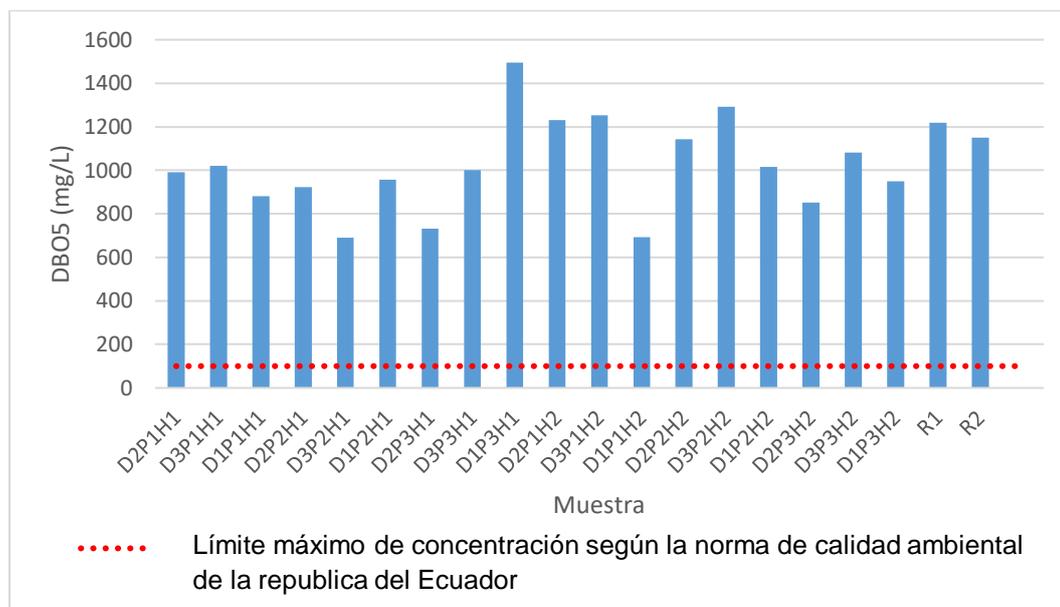


Comparación con la normativa

El total de las muestras analizadas se encuentran por encima del límite permisible establecidos en la “Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes” (APHA, 2015), por lo cual según el análisis del parámetro DBO₅ todas las muestras están altamente contaminadas, como se observa en la Fig. 13. Donde los valores de DBO₅ varían entre 1,494 mg/L y 689 mg/L los cuales corresponden a las muestras D1P3H1 y D3P2H1 como valores máximos y mínimos respectivamente.

Figura 13.

Comparación de los datos de DBO₅ en los puntos de muestreo



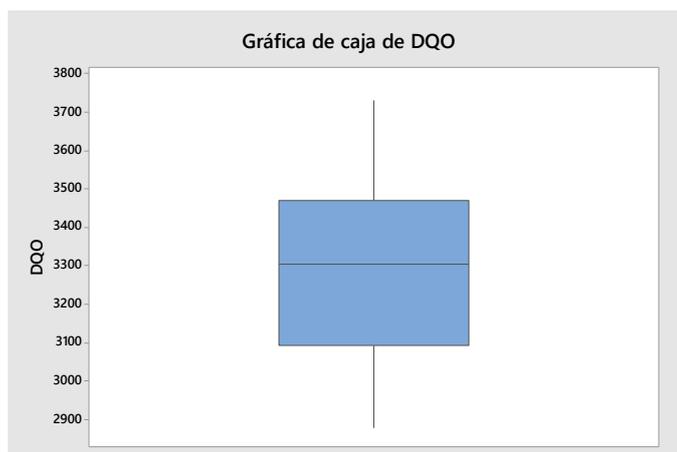
4.4. Demanda Química de oxígeno (DQO)

Análisis estadístico

Los datos del análisis de DQO demuestran un comportamiento en el cual su media es de 3,300 teniendo un valor mínimo de 2,880 y un valor máximo de 3,730, siendo su primer cuartil 3,095, la mediana 3,305, su tercer cuartil 3,470 y el coeficiente de variación de 6.95 como se puede observar en la Fig. 14.

Figura 14.

Gráfica de caja de los datos de la concentración de DQO



Con un nivel de confianza del 95%, se observa en la Fig. 15 los datos obtenidos no se ajustan a la línea de distribución normal, también se nota que las varianzas de los datos no son constantes y que los datos no son aleatorios.

Como se observa en la Tabla 9 se tiene grados de libertad disponibles, se rechaza la hipótesis nula para los factores Hora, Punto, Día y para la interacción triple, además se acepta la hipótesis nula para las tres interacciones dobles entre los factores. Por lo tanto, los factores Hora, Punto, Día y la interacción triple son una fuente de variabilidad en la concentración de DQO en las muestras en cambio las tres interacciones dobles no presentan un factor de variabilidad en la concentración de DQO en las muestras.

Tabla 9.

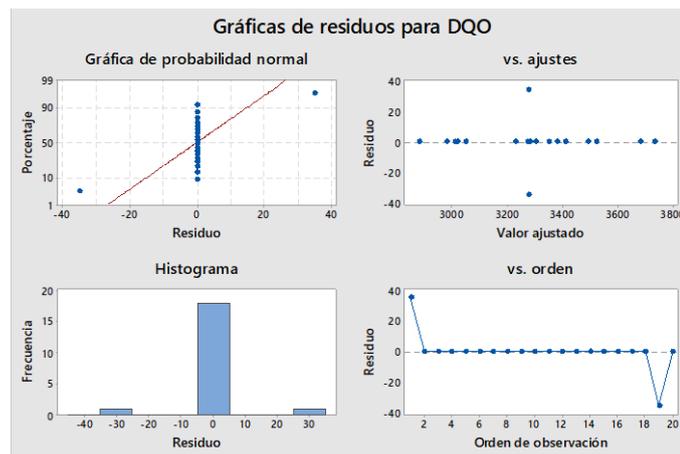
Análisis de varianza de los datos de DQO

Fuente	GI	Sc ajust.	Mc ajust.	Valor F	Valor p
Hora	1	39,072	39,072	31.90	0.030
Punto	2	113,689	56,844	46.40	0.021

Fuente	GI	Sc ajust.	Mc ajust.	Valor F	Valor p
Día	2	661,141	330,571	269.85	0.004
Hora*Punto	2	13,921	6,961	5.68	0.150
Hora*Día	2	14,118	7,059	5.76	0.148
Punto*Día	4	16,682	4,170	3.40	0.240
Hora*Punto*Día	4	133,217	33,304	27.19	0.036
Error	2	2,450	1,225		
Total	19	999,400			

Figura 15.

Gráfica 4 en 1 del Anova de los datos del DQO



Como se observa en la Fig. 16, para el factor Hora la media del nivel 12 pm es mayor que la media del nivel 9 am. Para el factor Punto se tiene que la media del nivel P3 es mayor que la media de los niveles P1 y P2. Para el factor día se tiene que la media del nivel miércoles es mayor que la media del nivel martes y la media del nivel martes es mayor a la media del nivel sábado, como se muestra en la Tabla 10 del análisis de comparaciones múltiples mediante Tukey. Adicional a esto se

observa en la Fig. 17 que las interacciones dobles entre los factores de análisis no son fuente de variabilidad.

Tabla 10.

Comparaciones mediante Tukey de los factores hora, punto, día del DQO

Factor	N	Media	Agrupación
12 pm	10	3334.44	A
9 am	10	3243.89	B
P3	7	3393.33	A
P1	7	3265.83	B
P2	6	3208.33	B
Miércoles	7	3495.0	A
Martes	7	3332.5	B
Sábado	6	3040.0	C

Figura 16.

Gráfica de efectos principales para DQO

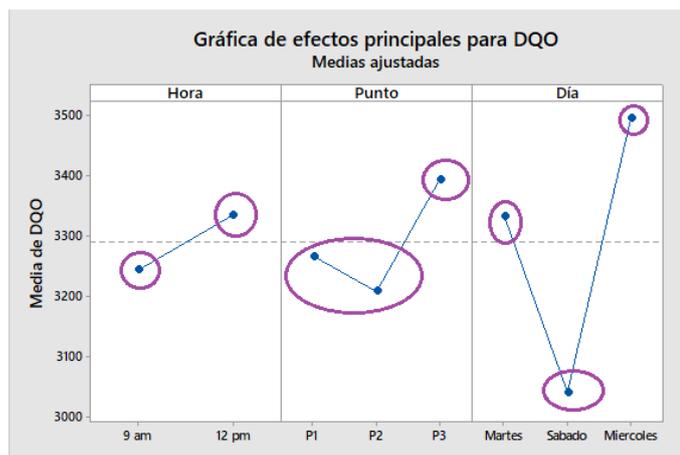
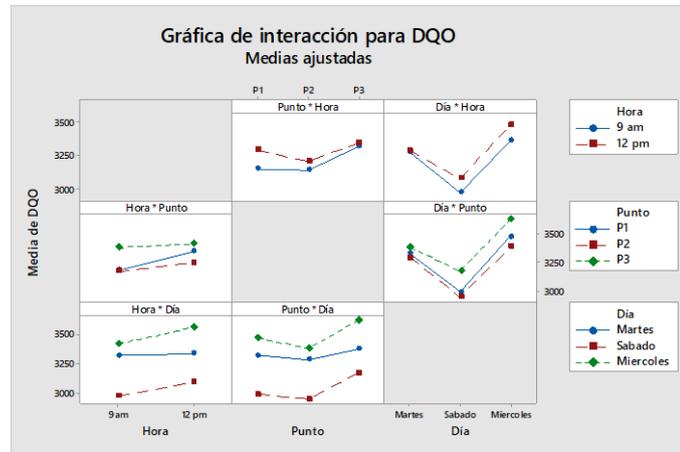


Figura 17.

Gráfica de interacciones para el DQO

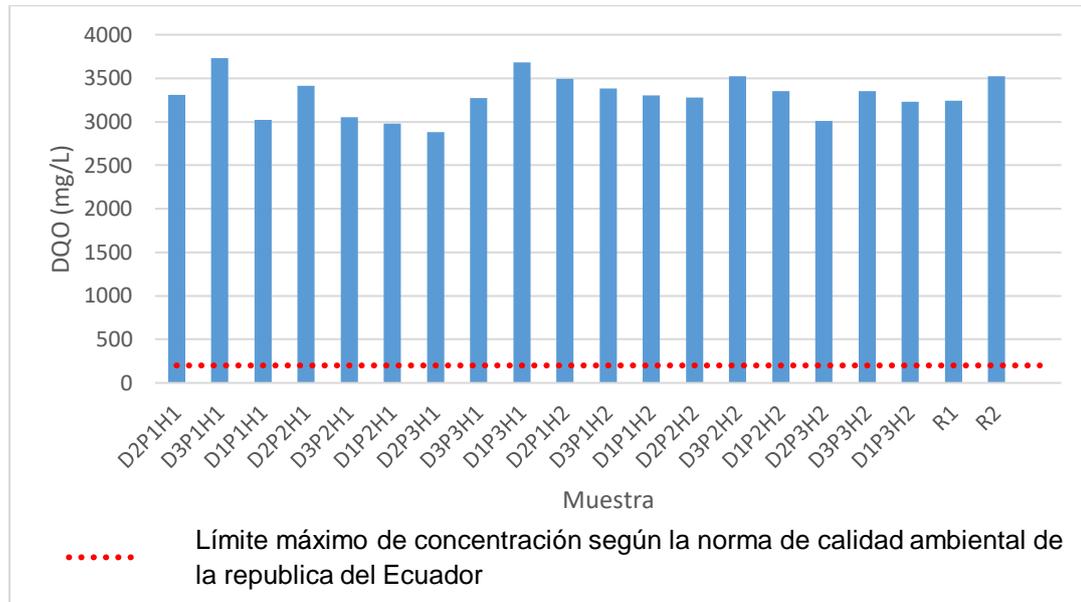


Comparación con la normativa

El total de las muestras analizadas se encuentran por encima del límite permisible establecidos en la “Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes” (APHA, 2015), por lo cual según el análisis del parámetro DQO todas las muestras están altamente contaminadas, como se observa en la Fig. 18. Donde los valores de DQO varían entre 3,730 mg/L y 2,880 mg/L los cuales corresponden a las muestras D3P1H1 y D2P3H1 como valores máximos y mínimos respectivamente.

Figura 18.

Comparación de los datos de DQO en los puntos de muestreo



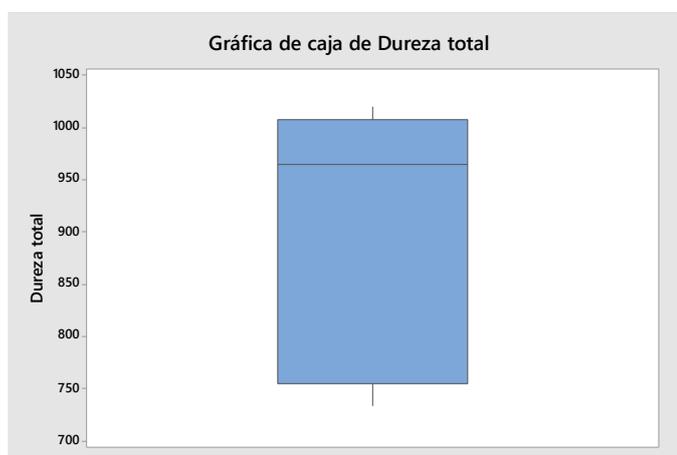
4.5. Dureza total

Análisis estadístico

Los datos del análisis de la dureza demuestran un comportamiento en el cual su media es de 911.9 teniendo un valor mínimo de 733 y un valor máximo de 1020, siendo su primer cuartil 754.5, la mediana 965, su tercer cuartil 1007.5 y el coeficiente de variación de 12.63 como se puede observar en la Fig. 19.

Figura 19.

Gráfica de caja de los datos de la concentración de dureza total



Con un nivel de confianza del 95%, se observa en la Fig. 20 los datos obtenidos no se ajustan a la línea de distribución normal, también se nota que las varianzas de los datos no son constantes y que los datos no son aleatorios.

Como se observa en la Tabla 11 se tiene grados de libertad disponibles, se rechaza la hipótesis nula para el factor Día, además se acepta la hipótesis nula para los factores Hora, Punto, las tres interacciones dobles y la interacción triple entre los factores. Por lo tanto, el factor Día es una fuente de variabilidad en la concentración de la dureza total en las muestras en cambio los factores Hora, Punto, las tres interacciones dobles y la interacción triple entre los factores no presentan un factor de variabilidad en la concentración de la dureza total en las muestras.

Tabla 11.

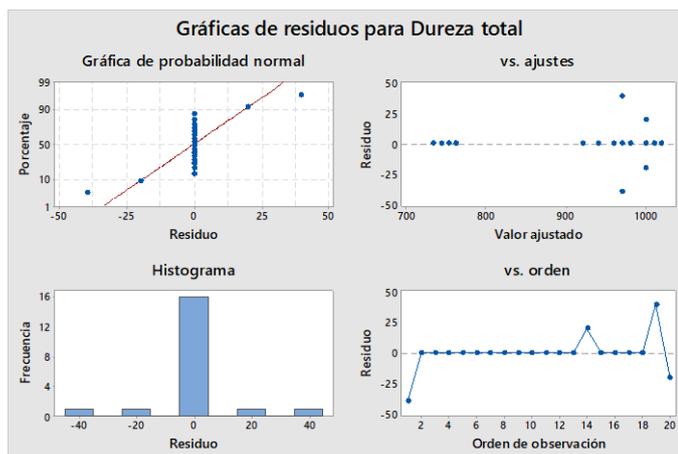
Análisis de varianza de los datos de la dureza total

Fuente	GI	Sc Ajust.	Mc Ajust.	Valor F	Valor p
Hora	1	692	692	0.35	0.613
Punto	2	2,075	1,037	0.53	0.654

Fuente	GI	Sc Ajust.	Mc Ajust.	Valor F	Valor p
Día	2	234,082	117,041	59.71	0.016
Hora*Punto	2	1,491	746	0.38	0.724
Hora*Día	2	1,819	910	0.46	0.683
Punto*Día	4	2,428	607	0.31	0.854
Hora*Punto*Día	4	733	183	0.09	0.975
Error	2	3,921	1,960		
Total	19	252,230			

Figura 20.

Gráfica 4 en 1 del Anova de los datos de la dureza total



Como se observa en la Fig. 21 la media de los factores Hora y Punto son las mimas, para el factor día se tiene que la media del nivel sábado es menor que la media de los niveles martes y miércoles, como se muestra en la Tabla 12 del análisis de comparaciones múltiples mediante Tukey. Adicional a esto se observa en la Fig. 22 que las interacciones dobles entre los factores de análisis no son fuente de variabilidad.

Tabla 12.

Comparaciones mediante Tukey de los factores hora, punto, día de la dureza total

Factor	N	Media	Agrupación
12 pm	10	909.778	A
9 am	10	897.722	A
P3	7	917.50	A
P2	6	901.00	A
P1	7	892.75	A
Martes	7	998.417	A
Miércoles	7	967.000	A
Sábado	6	745.833	B

Figura 21.

Gráfica de efectos principales para la dureza total

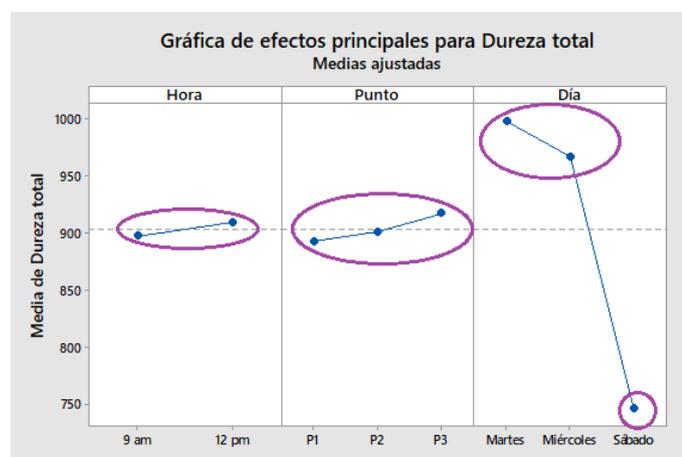
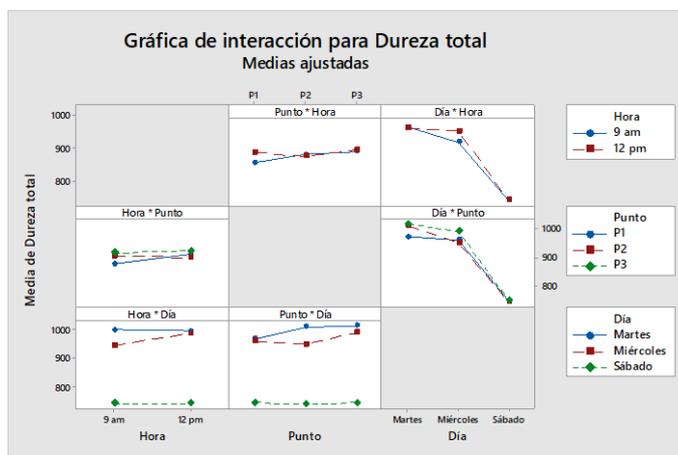


Figura 22.

Gráfica de interacciones para la dureza total

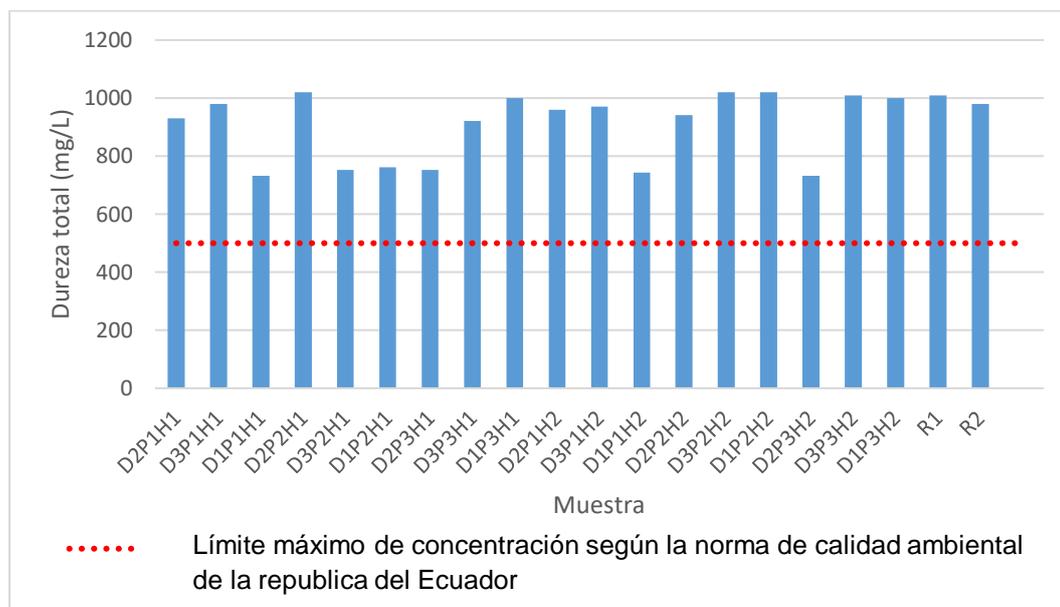


Comparación con la normativa

El total de las muestras analizadas se encuentran por encima del límite permisible establecidos en la “Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes” (APHA, 2015), por lo cual la según el análisis de la dureza del agua todas las muestras están altamente contaminadas, como se observa en la Fig. 23. Donde los valores de la dureza total varían entre 1,020 mg/L y 733 mg/L los cuales corresponden a las muestras D2P2H1 y D1P1H1 como valores máximos y mínimos respectivamente.

Figura 23.

Comparación de los datos de dureza total en los puntos de muestreo



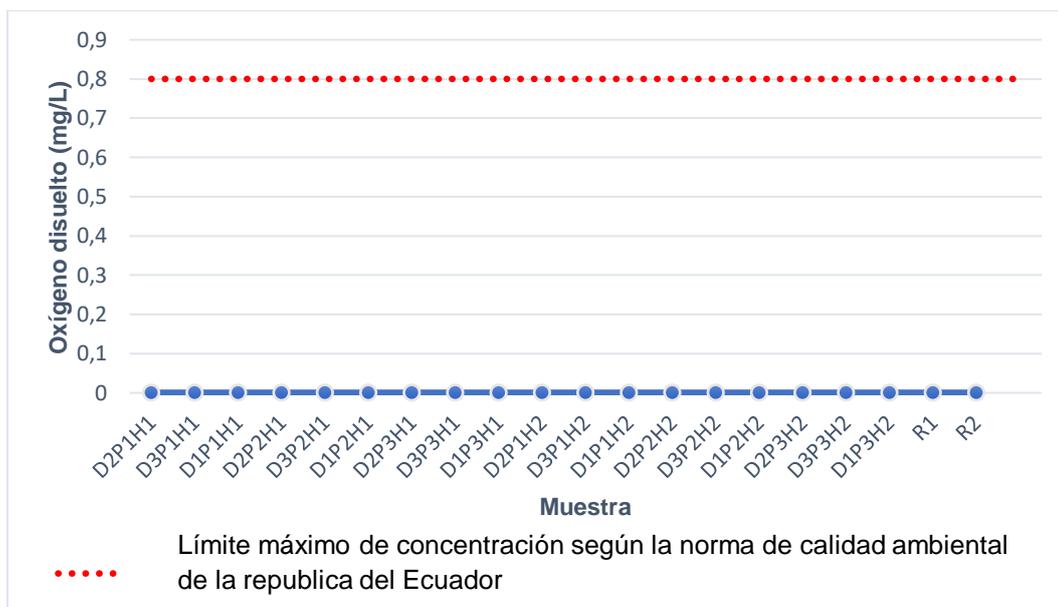
4.6. Oxígeno disuelto

Comparación con la normativa

El total de las muestras analizadas se encuentran por debajo del límite permisible establecidos en la “Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes” (APHA, 2015), por lo cual según el análisis de la concentración de oxígeno disuelto todas las muestras están altamente contaminadas lo cual genera la falta de concentración de oxígeno, como se observa en la Fig. 24. Donde los valores de concentración del oxígeno disuelto se mantienen constante en un valor por debajo del necesario en una vertiente de agua.

Figura 24.

Comparación de los datos del oxígeno disuelto en los puntos de muestreo



4.7. Solidos totales

Análisis estadístico

Los datos del análisis de solidos totales demuestran un comportamiento en el cual su media es de 9,249 teniendo un valor mínimo de 7,692 y un valor máximo de 10,082, siendo su primer cuartil 8,057, la mediana 9,686, su tercer cuartil 10,003 y el coeficiente de variación de 9.95 como se puede observar en la Fig. 25.

Figura 25.

Gráfica de caja de los datos de la concentración de sólidos totales



Con un nivel de confianza del 95%, se observa en la Fig. 26 los datos obtenidos no se ajustan a la línea de distribución normal, también se nota que las varianzas de los datos no son constantes y que los datos no son aleatorios.

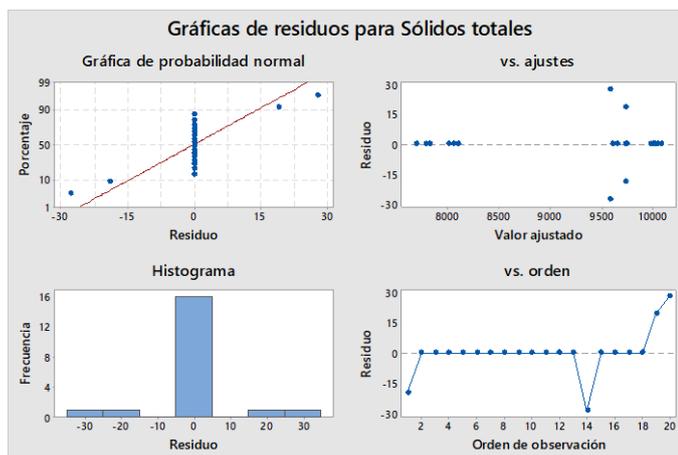
Como se observa en la Tabla 13 se tiene grados de libertad disponibles, se rechaza la hipótesis nula para el factor Día y la interacción doble entre los factores Hora y Día, además se acepta la hipótesis nula para los factores Hora, Punto, la interacción Hora-Punto, la interacción Punto-Día y la interacción triple entre los factores. Por lo tanto, el factor Día y la interacción doble entre los factores Hora y Día son una fuente de variabilidad en la concentración de sólidos totales en las muestras en cambio los factores Hora, Punto, la interacción Hora-Punto, la interacción Punto-Día y la interacción triple entre los factores no presentan un factor de variabilidad en la concentración de sólidos totales en las muestras.

Tabla 13.*Análisis de varianza de los datos de sólidos totales*

Fuente	Gl	Sc Ajust.	Mc Ajust.	Valor F	Valor P
Hora	1	6,760	6,760	5.90	0.136
Punto	2	5,372	2,686	2.35	0.299
Día	2	15,627,760	7,813,880	6,824.35	0.000
Hora*Punto	2	1,552	776	0.68	0.596
Hora*Día	2	537,924	268,962	234.90	0.004
Punto*Día	4	9,186	2297	2.01	0.359
Hora*Punto*Día	4	3,769	942	0.82	0.613
Error	2	2,290	1,145		
Total	19	16,106,468			

Figura 26.

Gráfica 4 en 1 del anova de los datos de sólidos totales



Como se observa en la Fig. 27, la media de los factores Hora y Punto son las mismas, para el factor Día se tiene que la media del nivel sábado es menor que la media de los niveles martes y miércoles, como se muestra en la Tabla 14 del análisis de comparaciones múltiples mediante Tukey. Adicional a esto se comprueba en la Fig. 28 que la interacción Hora-Día es la única fuente de variabilidad en la concentración de sólidos totales.

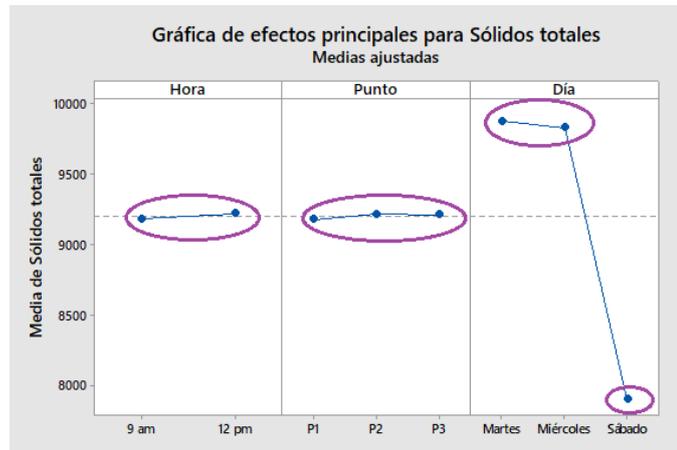
Tabla 14.

Comparaciones mediante Tukey de los factores hora, punto, día de los sólidos totales

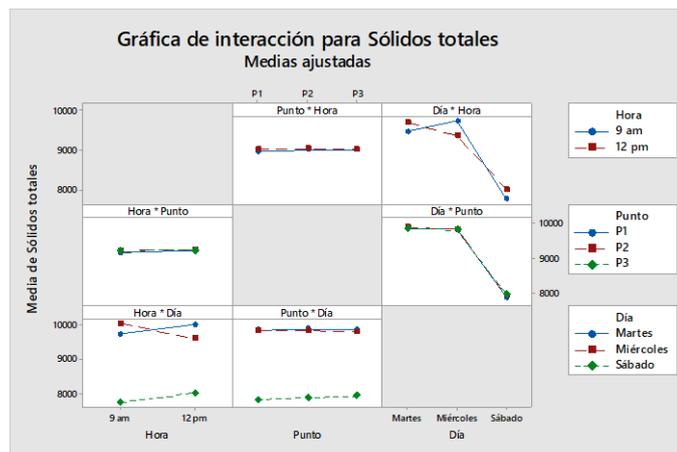
Factor	N	Media	Agrupación
12 pm	10	9,222.22	A
9 am	10	9,184.56	A
P2	6	9,216.33	A
P3	7	9,214.00	A
P1	7	9,179.83	A
Martes	7	9,874.17	A
Miércoles	7	9,831.67	A
Sábado	6	7,904.33	B

Figura 27.

Gráfica de efectos principales para los sólidos totales

**Figura 28.**

Gráfica de interacciones para los sólidos totales



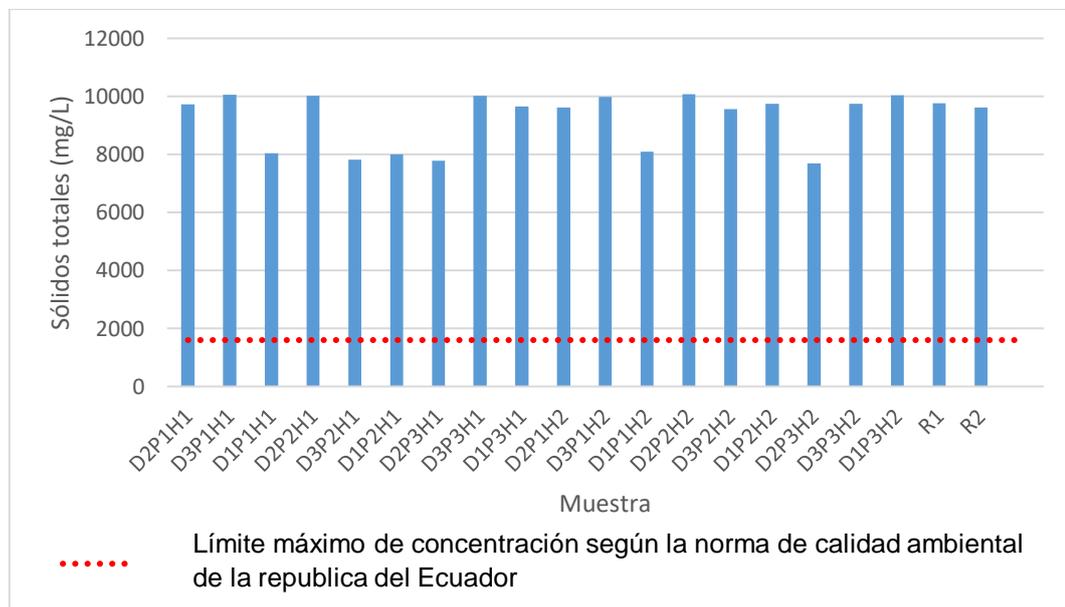
Comparación con la normativa

El total de las muestras analizadas se encuentran por encima del límite permisible establecidos en la “Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes” (APHA, 2015), por lo cual según el análisis de la concentración de sólidos totales todas las muestras están altamente contaminadas como se observa en la Fig. 29. Donde los valores de concentración de sólidos totales varían entre

10,082mg/L y 7,692 mg/L los cuales corresponden a las muestras D2P2H2 y D2P3H2 como valores máximos y mínimos respectivamente.

Figura 29.

Comparación de los datos del sólidos totales en los puntos de muestreo



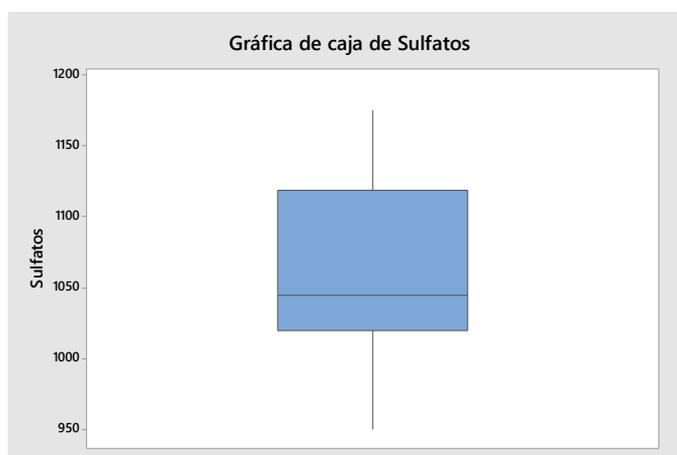
4.8. Sulfatos

Análisis estadístico

Los datos del análisis de la concentración de sulfatos demuestran un comportamiento en el cual su media es de 1,055.3 teniendo un valor mínimo de 950 y un valor máximo de 1,175, siendo su primer cuartil 1,020, la mediana 1,045, su tercer cuartil 1,118.8 y el coeficiente de variación de 6.20 como se puede observar en la Fig. 30.

Figura 30.

Gráfica de caja de los datos de la concentración de sulfatos



Con un nivel de confianza del 95%, se observa en la Fig. 31 los datos obtenidos no se ajustan a la línea de distribución normal, también se nota que las varianzas de los datos no son constantes y que los datos no son aleatorios.

Como se observa en la Tabla 15 se tiene grados de libertad disponibles, así también se acepta la hipótesis nula para todos los factores, las tres interacciones dobles y la interacción triple entre los factores. Por lo tanto, los factores hora, punto, día, las tres interacciones dobles y la interacción triple no presentan un factor de variabilidad en la concentración de sulfatos en las muestras.

Tabla 15.

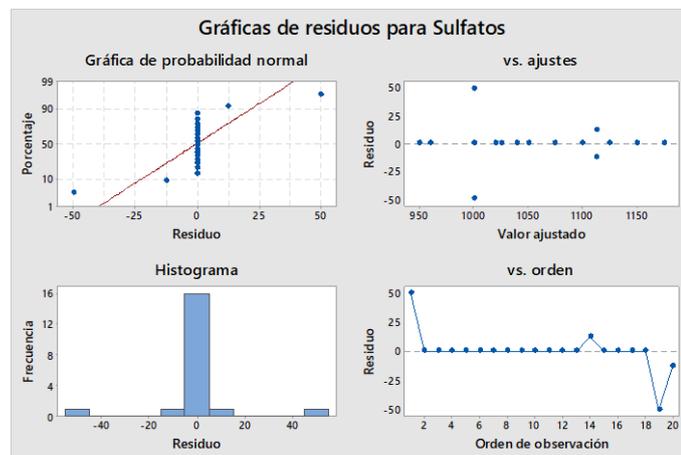
Análisis de varianza de los datos de la concentración de sulfatos

Fuente	Gl	Sc Ajust.	Mc Ajust.	Valor F	Valor p
Hora	1	194.5	194.5	0.07	0.812
Punto	2	100.5	50.2	0.02	0.981
Día	2	56,079.3	28,039.7	10.56	0.087

Fuente	GI	Sc Ajust.	Mc Ajust.	Valor F	Valor p
Hora*Punto	2	4,442.3	2,221.2	0.84	0.545
Hora*Día	2	10,128.7	5,064.3	1.91	0.344
Punto*Día	4	1,212.8	303.2	0.11	0.965
Hora*Punto*Día	4	2,423.5	605.9	0.23	0.902
Error	2	5,312.5	2,656.3		
Total	19	81,423.8			

Figura 31.

Gráfica 4 en 1 del Anova de los datos de la concentración de sulfatos



Como se observa en la Fig. 32, las medias de los factores hora, punto y día son estadísticamente iguales, como se muestran en la Tabla 16 del análisis de comparaciones múltiples mediante Tukey. Adicional a esto se observa en la Fig. 33 que las interacciones dobles entre los factores de análisis no son fuente de variabilidad.

Tabla 16.

Comparaciones mediante Tukey de los factores hora, punto, día de la concentración de sulfatos

Factor	N	Media	Agrupación
9 am	10	1,058.33	A
12 pm	10	1,051.94	A
P1	7	1,057.50	A
P2	6	1,055.83	A
P3	7	1,052.08	A
Miércoles	7	1,131.25	A
Martes	7	1,020.83	A
Sábado	6	1,013.33	A

Figura 32.

Gráfica de efectos principales para la concentración de sulfatos

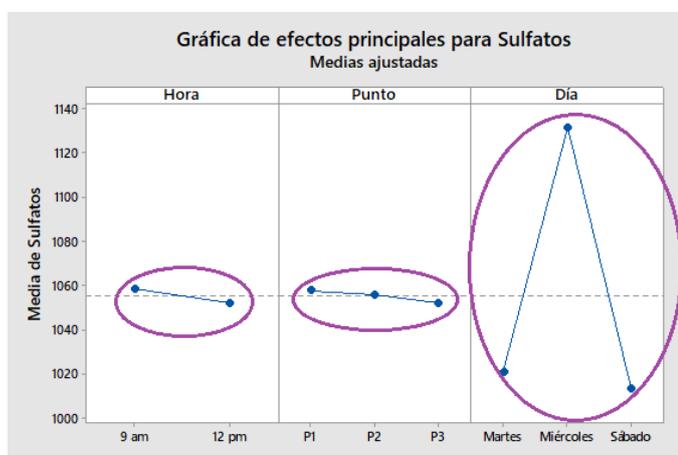
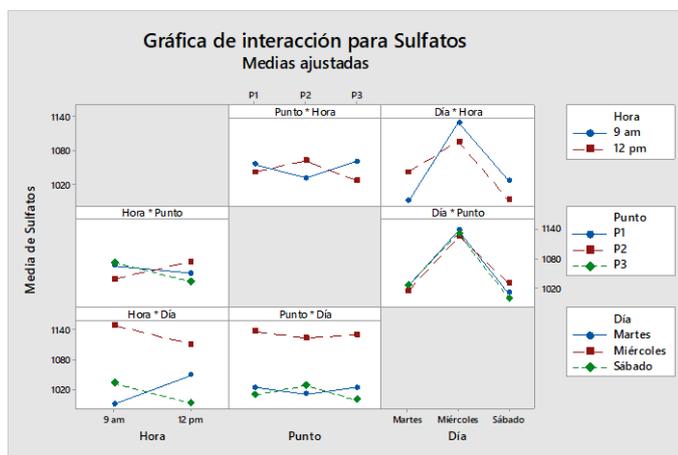


Figura 33.

Gráfica de interacciones para la concentración de sulfatos

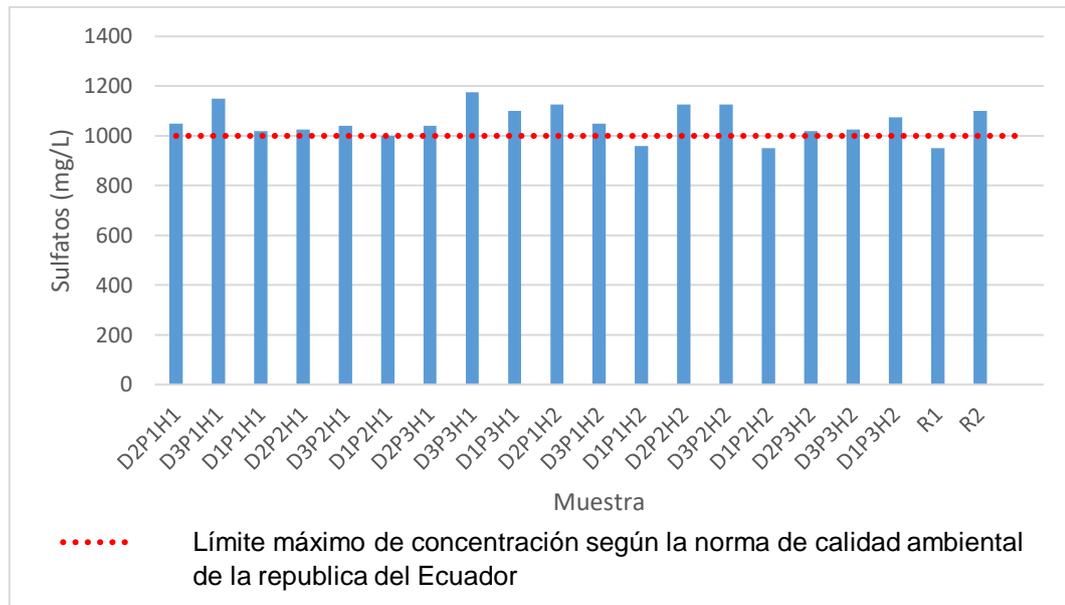


Comparación con la normativa

Del total de las muestras analizadas, las muestras D1P2H1, D1P1H2, D1P2H2 y R1 se encuentran por debajo del límite permisible establecidos en la “Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes” (APHA, 2015), por lo cual según el análisis de la concentración de sulfatos 80 % de las muestras están altamente contaminadas, como se observa en la Fig. 34. Donde los valores de concentración de sulfatos varían entre 1175 mg/L y 950 mg/L los cuales corresponden a las muestras D3P3H1 y D1P2H2 como valores máximos y mínimos respectivamente.

Figura 34.

Comparación de los datos de sulfatos en los puntos de muestreo



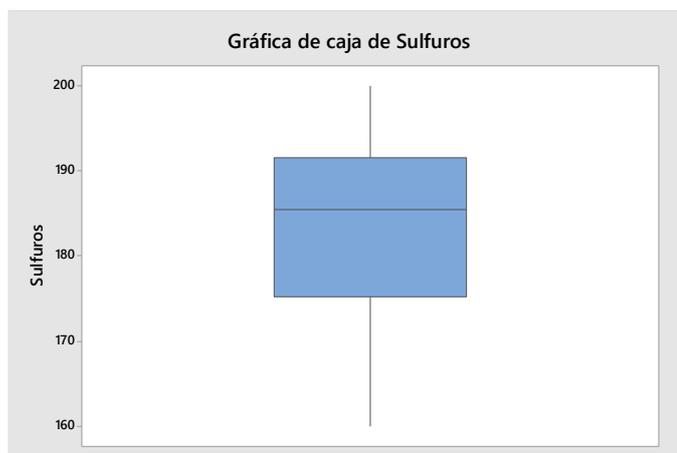
4.9. Sulfuros

Análisis estadístico

Los datos del análisis de la concentración de sulfuros demuestran un comportamiento en el cual su media es de 183.80 teniendo un valor mínimo de 160 y un valor máximo de 200, siendo su primer cuartil 175.25, la mediana 185.50, su tercer cuartil 191.50 y el coeficiente de variación de 6.22 como se puede observar en la Fig. 35.

Figura 35.

Gráfica de caja de los datos de la concentración de sulfuros



Con un nivel de confianza del 95%, se observa en la Fig. 36 los datos obtenidos no se ajustan a la línea de distribución normal, también se nota que las varianzas de los datos no son constantes y que los datos no son aleatorios.

Como se observa en la Tabla 17 se tiene grados de libertad disponibles, así también se acepta la hipótesis nula para todos los factores, las tres interacciones dobles y la interacción triple entre los factores. Por lo tanto, los factores Hora, Punto, Día, las tres interacciones dobles y la interacción triple no presentan un factor de variabilidad en la concentración de sulfuros en las muestras.

Tabla 17.

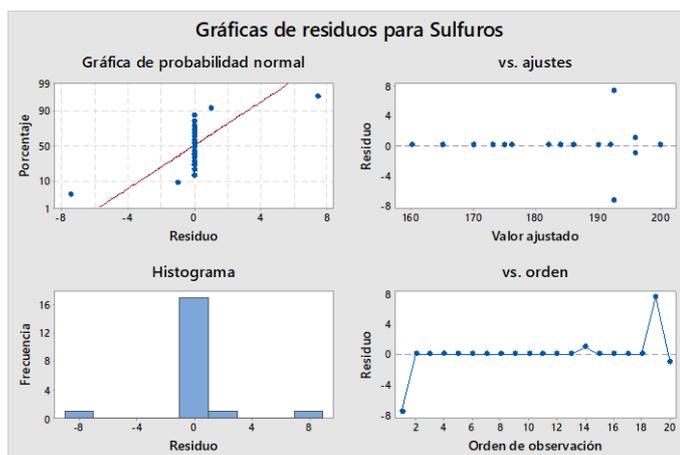
Análisis de varianza de los datos de la concentración de sulfuros

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Hora	1	0.72	0.721	0.01	0.921
Punto	2	686.31	343.153	5.99	0.143
Día	2	243.07	121.534	2.12	0.320

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Hora*Punto	2	80.32	40.160	0.70	0.588
Hora*Día	2	123.07	61.534	1.07	0.482
Punto*Día	4	860.20	215.051	3.76	0,221
Hora*Punto*Día	4	256.09	64.024	1.12	0.522
Error	2	114.50	57.250		
Total	19	2481.20			

Figura 36.

Gráfica 4 en 1 del Anova de los datos de la concentración de sulfuros



Como se observa en la Fig. 37, las medias de los factores Hora, Punto y Día son estadísticamente iguales, como se muestran en la Tabla 18 del análisis de comparaciones múltiples mediante Tukey. Adicional a esto se observa en la Fig. 38 que las interacciones dobles entre los factores de análisis no son fuente de variabilidad.

Tabla 18.

Comparaciones mediante Tukey de los factores hora, punto, día de la concentración de sulfuros

Hora	N	Media	Agrupación
9 am	10	182.833	A
12 pm	10	182.444	A
P3	7	188.167	A
P1	7	185.583	A
P2	6	174.167	A
Miércoles	7	186.167	A
Martes	7	184.083	A
Sábado	6	177.667	A

Figura 37.

Gráfica de efectos principales para la concentración de sulfuros

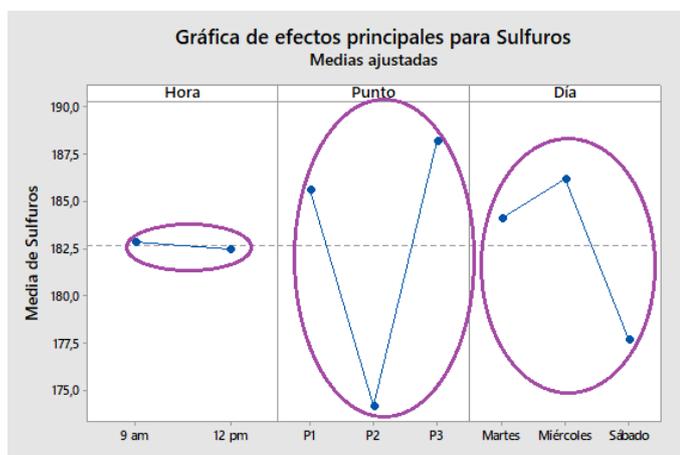
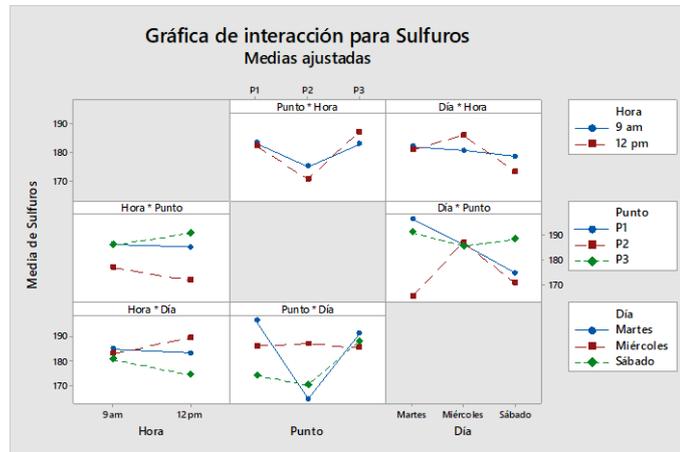


Figura 38.

Gráfica de interacciones para la concentración de sulfuros

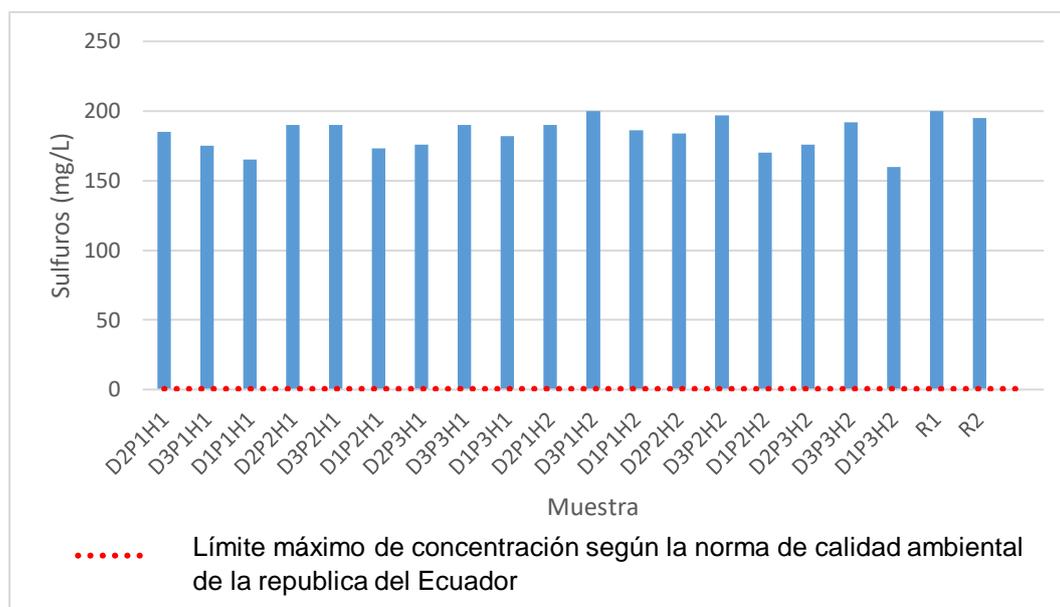


Comparación con la normativa

El total de las muestras analizadas se encuentran fuera del límite permisible establecidos en la “Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes” (APHA, 2015), por lo cual según el análisis del parámetro sulfuros todas las muestras están altamente contaminadas, como se observa en la Fig. 39. Donde los valores de concentración de sulfuros varían entre 200 mg/L y 160 mg/L los cuales corresponden a las muestras D3P1H2 y D1P3H2 como valores máximos y mínimos respectivamente.

Figura 39.

Comparación de los datos de sulfuros en los puntos de muestreo



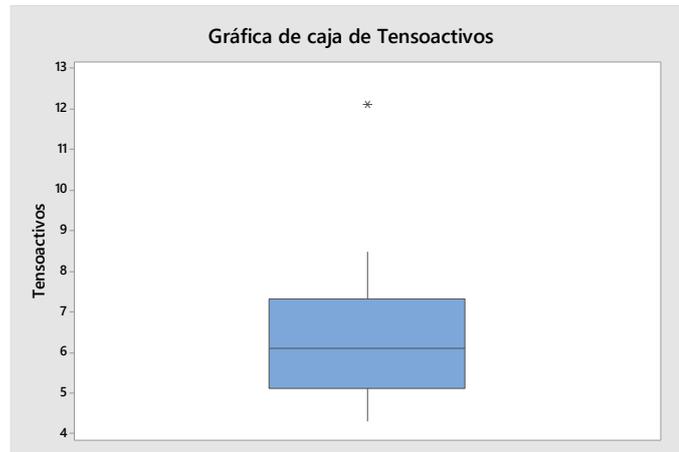
4.10. Tensoactivos

Análisis estadísticos

Los datos del análisis de la concentración de tensoactivos demuestran un comportamiento en el cual su media es de 6.45 teniendo un valor mínimo de 4.3 y un valor máximo de 12.1, siendo su primer cuartil 5.125, la mediana 6.100, su tercer cuartil 7.325 y el coeficiente de variación de 27.16 como se puede observar en la Fig. 40.

Figura 40.

Gráfica de caja de los datos de la concentración de tensoactivos



Con un nivel de confianza del 95%, se observa en la Fig. 41 los datos obtenidos no se ajustan a la línea de distribución normal, también se nota que las varianzas de los datos no son constantes y que los datos no son aleatorios.

Como se observa en la Tabla 19 se tiene grados de libertad disponibles, se rechaza la hipótesis nula para los factores Hora, Punto, Día, la interacción Hora-Punto, interacción Punto-Día y para la interacción triple, además se acepta la hipótesis nula para la interacción Hora-Día. Por lo tanto, los factores Hora, Punto, Día, la interacción Hora-Punto, interacción Punto-Día y la interacción triple son una fuente de variabilidad en la concentración de tensoactivos en las muestras en cambio la interacción hora-día no presentan un factor de variabilidad en la concentración de tensoactivos en las muestras.

Tabla 19.

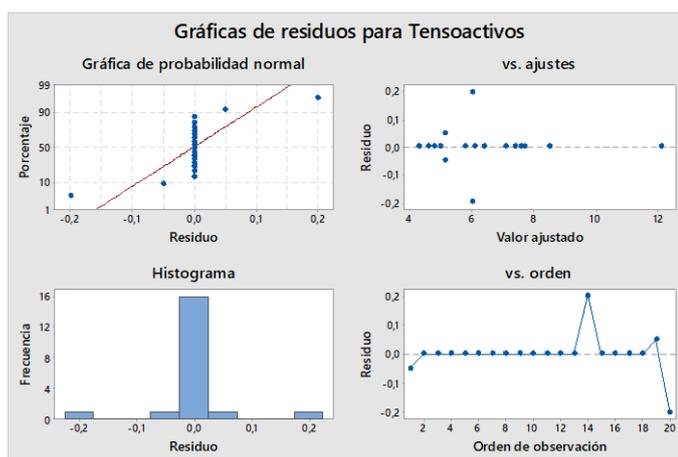
Análisis de varianza de los datos de la concentración de tensoactivos

Fuente	GI	Sc Ajust.	Mc Ajust.	Valor F	Valor P
Hora	1	2.6801	2.68015	63.06	0.015

Fuente	GI	Sc Ajust.	Mc Ajust.	Valor F	Valor P
Punto	2	14.1558	7.07789	166.54	0.006
Día	2	8.5242	4.26210	100.28	0.010
Hora*Punto	2	10.4712	5.23560	123.19	0.008
Hora*Día	2	0.6858	0.34288	8.07	0.110
Punto*Día	4	18.5592	4.63981	109.17	0.009
Hora*Punto*Día	4	3.2115	0.80288	18.89	0.051
Error	2	0.0850	0.04250		
Total	19	58.2900			

Figura 41.

Gráfica 4 en 1 del Anova de los datos de la concentración de tensoactivos



Como se observa en la Fig. 42, para el factor Hora la media del nivel 12 pm es mayor que la media del nivel 9 am, para el factor Punto se tiene que la media del nivel P2 es mayor que las medias de los niveles P1 y P3, para el factor Día se tiene que la media del nivel martes es menor que las medias de los niveles sábado y miércoles, como se muestra en la Tabla 20 del análisis de comparaciones múltiples

mediante Tukey. Adicional a esto se comprueba en la Fig. 43 que la interacción Hora-Punto y la interacción Punto-Día son fuente de variabilidad en la concentración de sólidos totales.

Tabla 20.

Comparaciones mediante Tukey del factor hora, punto y día de la concentración de tensoactivos

Hora	N	Media	Agrupación
12 pm	10	6.92222	A
9 am	10	6.17222	B
P2	6	7.78333	A
P1	7	5.95833	B
P3	7	5.90000	B
Sábado	6	7.18333	A
Miércoles	7	6.83333	A
Martes	7	5.62500	B

Figura 42.

Gráfica de efectos principales para la concentración de tensoactivos

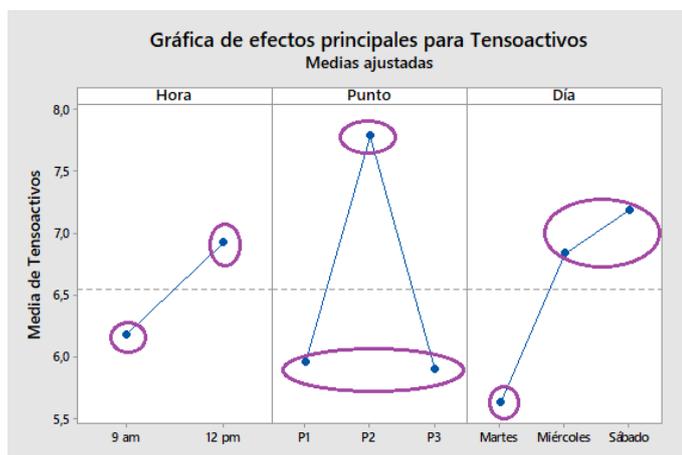
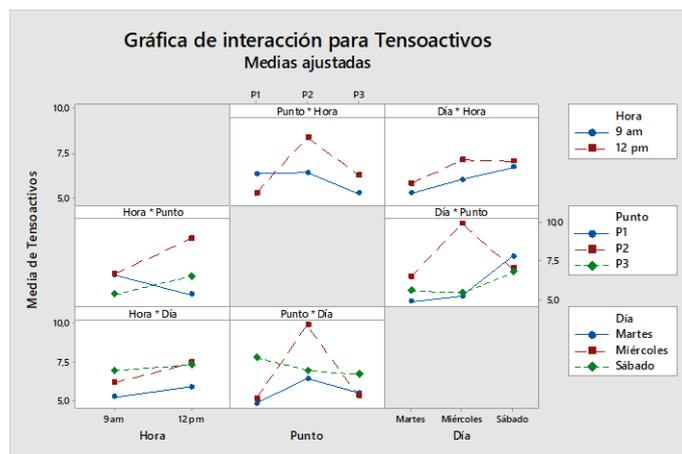


Figura 43.

Gráfica de interacciones para la concentración de tensoactivos



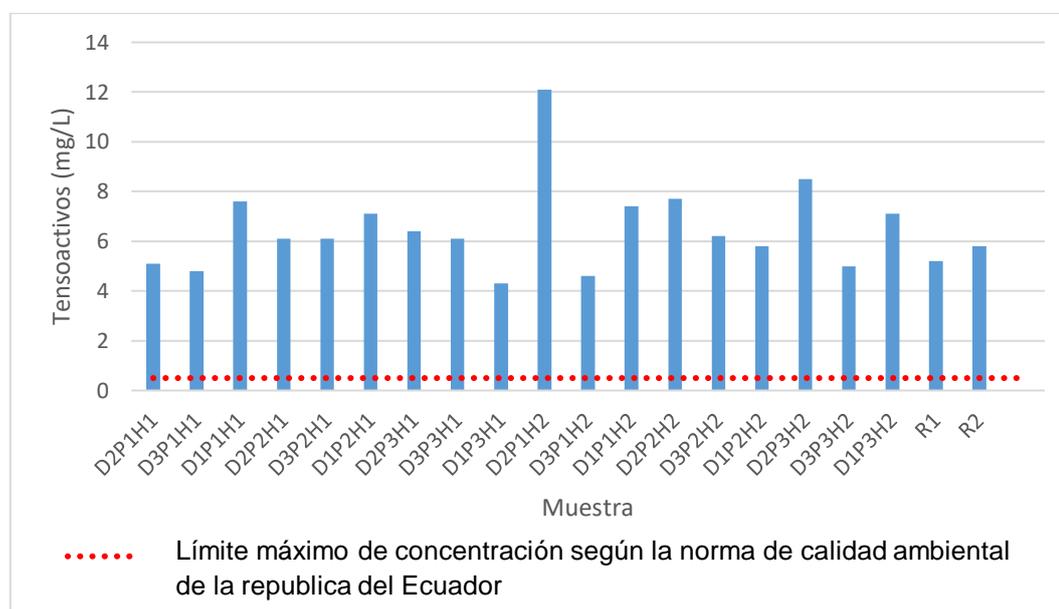
Comparación con la normativa

El total de las muestras analizadas se encuentran fuera de los límites permisibles establecidos en la “Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes” (APHA, 2015), por lo cual según el análisis del parámetro tensoactivos todas las muestras están altamente contaminadas, como se observa en la Fig. 44. Donde los valores de concentración de tensoactivos varían entre 12.1 mg/L y 4.3

mg/L los cuales corresponden a las muestras D2P1H2 y D1P3H1 como valores máximos y mínimos respectivamente.

Figura 44.

Comparación de los datos de tensoactivos en los puntos de muestreo



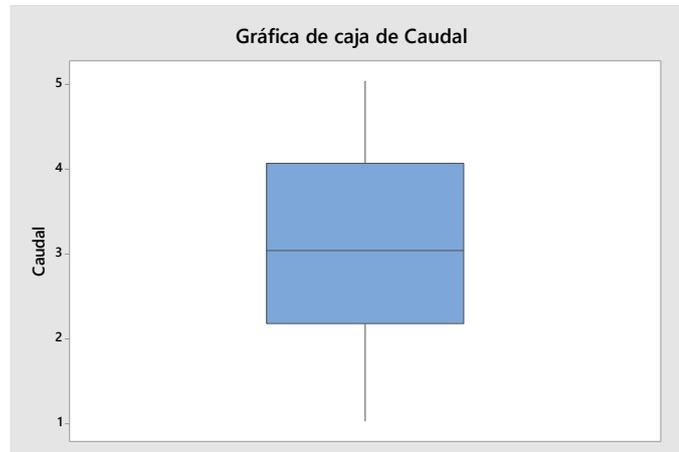
4.11. Caudal

Análisis estadísticos

Los datos del análisis del caudal demuestran un comportamiento en el cual su media es de 3.116 teniendo un valor mínimo de 1.026 y un valor máximo de 5.039, siendo su primer cuartil 2.175, la mediana 3.039, su tercer cuartil 4.063 y el coeficiente de variación de 35.91 como se puede observar en la Fig. 45.

Figura 45.

Gráfica de caja de los datos del caudal



Con un nivel de confianza del 95%, se observa en la Fig. 46 los datos obtenidos no se ajustan a la línea de distribución normal, también se nota que las varianzas de los datos no son constantes y que los datos no son aleatorios.

Como se observa en la Tabla 21 se tiene grados de libertad disponibles, se rechaza la hipótesis nula para los factores Hora, Punto, Día, la interacción Hora-Día, interacción Punto-Día y para la interacción triple, además se acepta la hipótesis nula para la interacción Hora-Punto. Por lo tanto, los factores Hora, Punto, Día, la interacción Hora-Día, interacción Punto-Día y la interacción triple son una fuente de variabilidad en el caudal de las muestras en cambio la interacción Hora-Punto no presentan un factor de variabilidad en el caudal de las muestras.

Tabla 21.

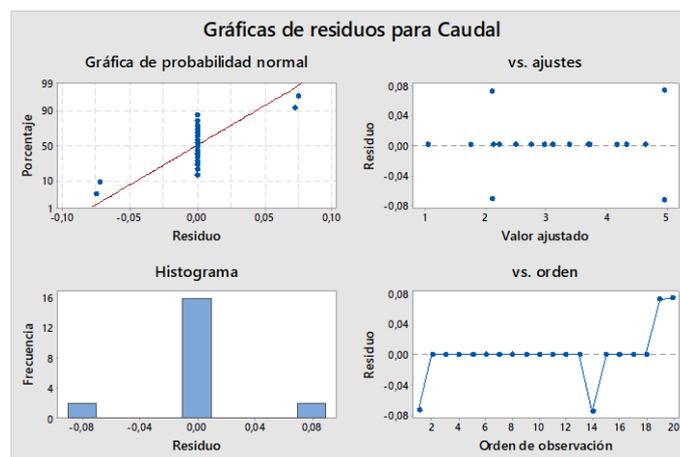
Análisis de varianza de los datos del caudal

Fuente	GI	Sc Ajust.	Mc Ajust.	Valor F	Valor p
Hora	1	1.0864	1.08638	101.21	0.010
Punto	2	1.4487	0.72433	67.48	0.015

Fuente	GI	Sc Ajust.	Mc Ajust.	Valor F	Valor p
Día	2	10.7575	5.37873	501.08	0.002
Hora*Punto	2	0.0222	0.01112	1.04	0.491
Hora*Día	2	1.5395	0.76977	71.71	0.014
Punto*Día	4	4.3551	1.08877	101.43	0.010
Hora*Punto*Día	4	1.1444	0.28611	26.65	0.036
Error	2	0.0215	0.01073		
Total	19	23.7905			

Figura 46.

Gráfica 4 en 1 del anova de los datos del caudal



Como se observa en la Fig. 47, para el factor Hora la media del nivel 12 pm es mayor que la media del nivel 9 am, para el factor Punto se tiene que la media del nivel P2 es mayor que las medias de los niveles P1 y P3, para el factor Día se tiene que la media del nivel miércoles es mayor que la media del nivel martes y la media del nivel martes es mayor que la media del nivel sábado, como se muestra en la Tabla 22 del análisis de comparaciones múltiples mediante Tukey. Adicional a esto

se comprueba en la Fig. 48 que la interacción Hora-Día y la interacción Punto-Día son fuente de variabilidad en el caudal de las muestras.

Tabla 22.

Comparaciones mediante tukey del factor hora, punto, día del caudal

Factor	N	Media	Agrupación
12 pm	10	3.30872	A
9 am	10	2.83122	B
P2	6	3.42967	A
P3	7	3.02858	B
P1	7	2.75167	B
Miércoles	7	4.02575	A
Martes	7	3.00517	B
Sábado	6	2.17900	C

Figura 47.

Gráfica de efectos principales para el caudal

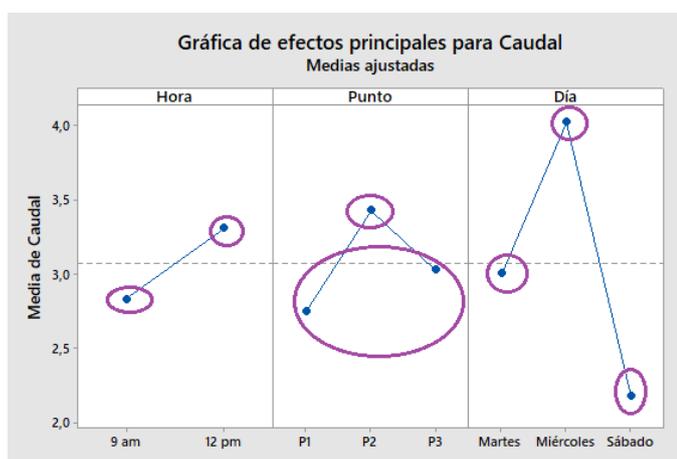
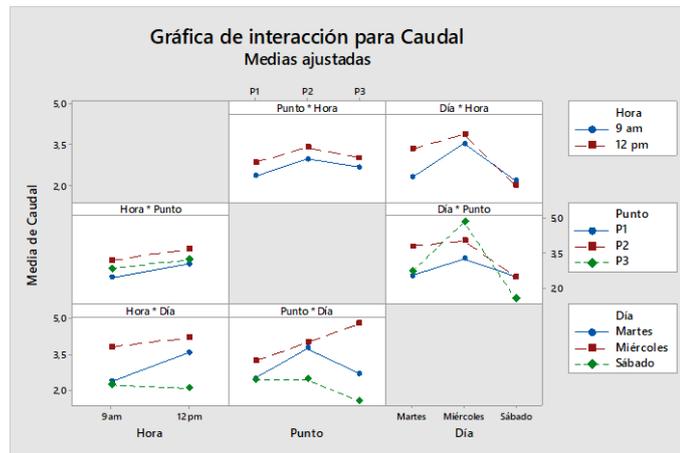


Figura 48.

Gráfica de interacciones para el caudal



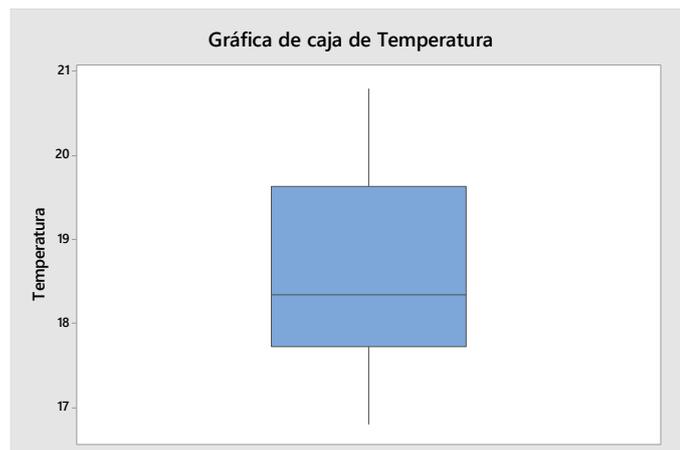
4.12. Temperatura

Análisis estadísticos

Los datos del análisis de la temperatura demuestran un comportamiento en el cual su media es de 18.665 teniendo un valor mínimo de 16.8 y un valor máximo de 20.8, siendo su primer cuartil 17.725, la mediana 18.350, su tercer cuartil 19.625 y el coeficiente de variación de 6.12 como se puede observar en la Fig. 49.

Figura 49.

Gráfica de caja de los datos de la temperatura



Con un nivel de confianza del 95%, se observa en la Fig. 50 los datos obtenidos no se ajustan a la línea de distribución normal, también se nota que las varianzas de los datos no son constantes y que los datos no son aleatorios.

Como se observa en la Tabla 23 se tiene grados de libertad disponibles, se rechaza la hipótesis nula para los factores Hora y Día, además se acepta la hipótesis nula para el factor Punto, las tres interacciones dobles y para la interacción triple. Por lo tanto, los factores Hora y Día son una fuente de variabilidad en la temperatura de las muestras en cambio para el factor Punto, las tres interacciones dobles y para la interacción triple no presentan una fuente de variabilidad en la temperatura de las muestras.

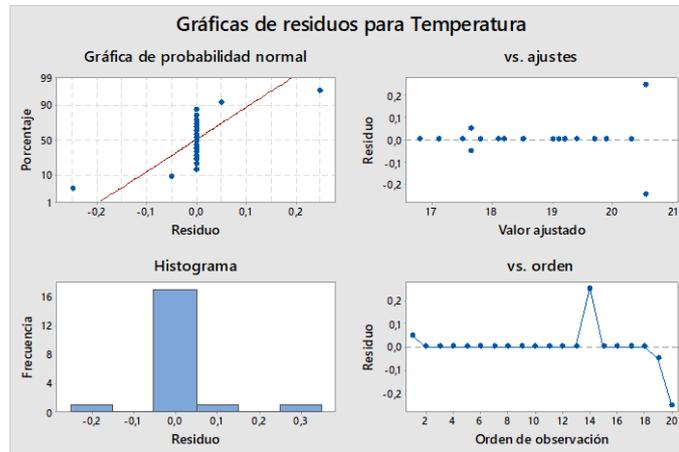
Tabla 23.

Análisis de varianza de los datos de la temperatura

Fuente	Gl	Sc Ajust.	Mc Ajust.	Valor F	Valor P
Hora	1	7.3788	7.37882	113.52	0.009
Punto	2	2.2731	1.13656	17.49	0.054
Día	2	8.6462	4.32310	66.51	0.015
Hora*Punto	2	0.9530	0.47651	7.33	0.120
Hora*Día	2	0.4239	0.21194	3.26	0.235
Punto*Día	4	0.3428	0.08569	1.32	0.474
Hora*Punto*Día	4	1.5990	0.39974	6.15	0.145
Error	2	0.1300	0.06500		
Total	19	24.8255			

Figura 50.

Gráfica 4 en 1 del anova de los datos de la temperatura



Como se observa en la Fig. 51, para el factor hora la media del nivel 12 pm es mayor que la media del nivel 9 am, para el factor Punto se tiene que las medias son iguales, para el factor Día se tiene que la media del nivel miércoles es mayor que las medias de los niveles sábado y martes, como se muestra en la Tabla 24 del análisis de comparaciones múltiples mediante Tukey. Adicional a esto se comprueba en la Fig. 52 que las interacciones dobles entre los factores de análisis no son fuente de variabilidad.

Tabla 24.

Comparaciones mediante Tukey del factor hora, punto, día de la temperatura

Factor	N	Media	Agrupación
12 pm	10	19.2389	A
9 am	10	17.9944	B
P1	7	19.0917	A
P3	7	18.4750	A
P2	6	18.2833	A

Factor	N	Media	Agrupación
Miércoles	7	19.4750	A
Sábado	6	18.5167	B
Martes	7	17.8583	B

Figura 51.

Gráfica de efectos principales para la temperatura

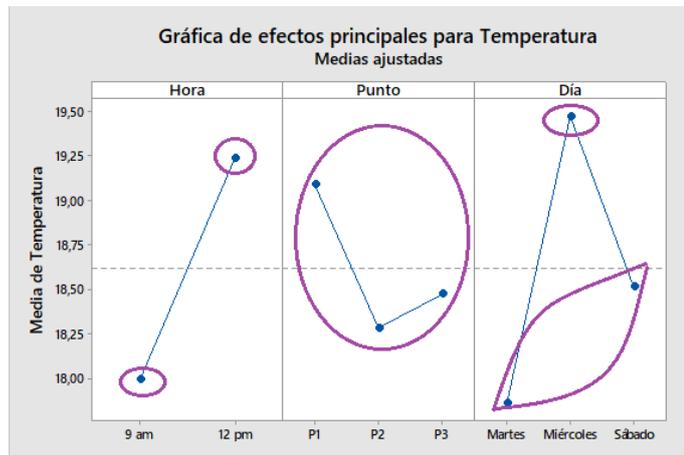
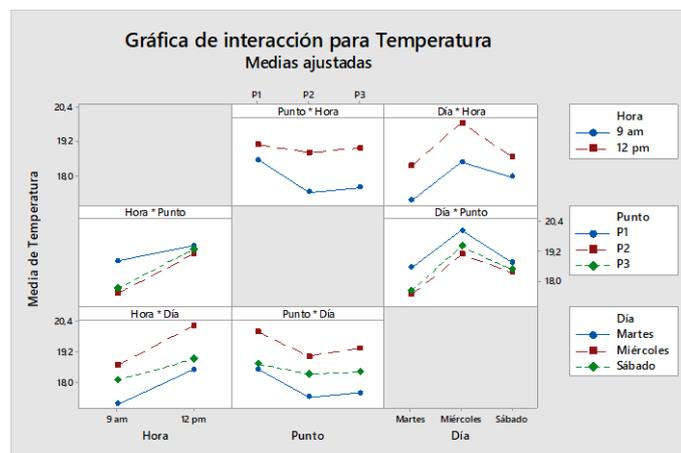


Figura 52.

GRÁFICA DE INTERACCIONES PARA LA TEMPERATURA

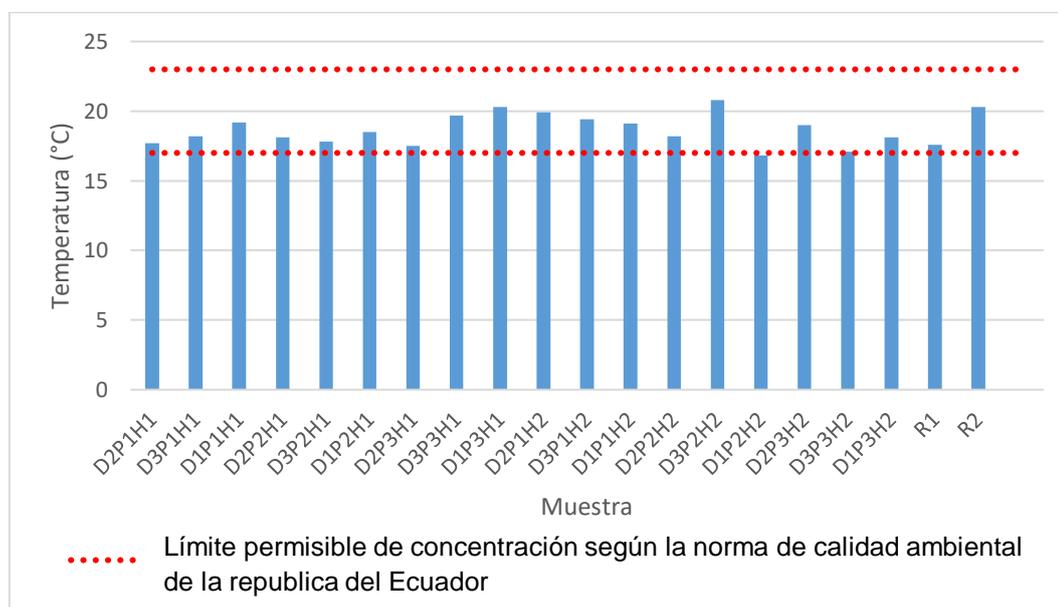


Comparación con la normativa

Del total de las muestras analizadas solo la muestra D1P2H2 tiene un valor de temperatura fuera de los límites permisibles establecidos en la “Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes” (APHA, 2015), por lo cual según el análisis del parámetro temperatura solo el 5 % del total de las muestras están contaminadas, como se observa en la Fig. 53 donde los valores de temperatura varían entre 20.8 °C y 16.8 °C los cuales corresponden a las muestras D3P2H2 y D1P2H2 como valores máximos y mínimos respectivamente.

Figura 53.

Comparación de los datos de temperatura en los puntos de muestreo



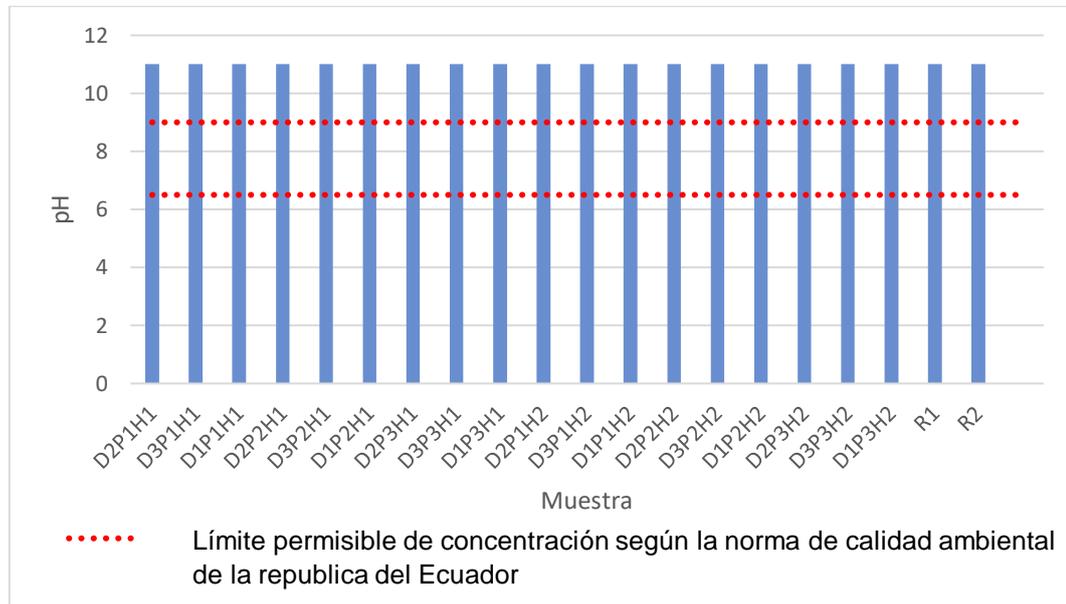
4.13. Potencial de Hidrógeno (pH)

El total de las muestras analizadas tiene un valor de pH igual a 11 el cual se encuentra fuera de los límites permisibles establecidos en la “Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes” (APHA, 2015), por lo cual según el análisis

del parámetro pH todas las muestras están altamente contaminadas ya que tienen un pH básico como se observa en la Fig. 54.

Figura 54.

Comparación de los datos de pH en los puntos de muestreo



CAPÍTULO V

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

Se evaluaron las propiedades del agua y sus elementos contaminantes en la zona urbana de Salcedo potencialmente en riesgo a causa de la vertiente de agua que contiene desechos tanto sólidos como líquidos de la empresa textil la cual es un potencial contaminante del lugar.

Se ejecutó una revisión literaria relacionada con las industrias textiles en la cual se determinó que su relación con la contaminación del ambiente es a causa del uso de químicos en su proceso de producción los cuales son desechados al ambiente y podrían contaminar los alrededores de la empresa, así como, los cuerpos de agua cercanos.

Se determinó que los contaminantes o parámetros más estudiados en zonas industriales textiles son el cromo total, sulfatos y sulfuros por su alta toxicidad, el DBO₅ y DQO por la alta cantidad de materia orgánica, el oxígeno disuelto por ser un parámetro indispensable para la vida acuática, los sólidos totales, aceites y grasas por la cantidad de desechos sólidos que se producen en el proceso.

Se realizó el proceso de recolección y preparación de las muestras en los tres puntos de muestreo ubicados en la ciudad de Salcedo. El transporte de la muestra se lo realizó en *cooler* para mantener la temperatura entre 4 °C - 10 °C, todo de acuerdo a la guía del Centro de Investigaciones y Control Ambiental de la Escuela Politécnica Nacional el cual se encuentra certificado para el muestreo y análisis de aguas residuales.

Al realizar la tabulación y el análisis estadístico de los resultados obtenidos en los análisis se demuestra que para los parámetros DBO_5 , sulfatos y sulfuros no afectan la variación de los factores Hora, Punto y Día en la variable respuesta, además los datos obtenidos de los análisis químicos sobrepasan el valor establecido por la norma.

Los datos de los aceites y grasas y oxígeno disuelto en las muestras están por debajo del valor permisible de la norma. Los datos de cromo total, DBO_5 , DQO, sulfuros, tensoactivos y pH se encuentran sobre los valores máximos permisibles de la norma. La mayoría de los datos de sulfatos se encuentran sobre los valores máximos permisibles.

Para los parámetros aceites y grasas, oxígeno disuelto y pH no fue necesario un análisis estadístico debido a que no existe una variabilidad de los datos obtenidos en los análisis químicos de las muestras. Así se puede concluir que tanto para aceites y grasas, oxígeno disuelto y pH los factores Hora, Punto y Día no son una fuente de variabilidad en su respuesta.

Para el caso de la concentración de cromo total el Factor Día y Punto son una fuente de variabilidad en la concentración del cromo. El factor Día tiene mayor influencia en los datos debido a que cada uno de sus niveles son diferentes.

Para el caso de DQO se analizó que los datos obtenidos de los análisis químicos se encuentran demasiado alejado del valor establecido por la norma. Según el análisis estadístico de los datos tabulados se obtiene que los factores Hora, Punto y Día son una fuente de variabilidad en el DQO. Tanto el factor Hora como para el factor Día tiene una mayor influencia en los datos debido a que existe una diferencia entre los niveles de los factores mencionados.

Para la dureza total se analizó que los datos obtenidos de los análisis químicos tienen el doble del valor establecido por la norma. Según el análisis

estadístico de los datos tabulados se obtiene que el factor Día es una fuente de variabilidad en la dureza total del agua. El factor día tiene mayor influencia en los datos debido a la diferencia que existe entre sus niveles.

Para sólidos totales se analizó que los datos obtenidos de los análisis químicos sobrepasan el valor establecido por la norma. Según el análisis estadístico de los datos tabulados se obtiene que el factor Día y la interacción entre Hora- Día son una fuente de variabilidad la cantidad de solidos totales. El factor día tiene mayor influencia en los datos debido a la diferencia que existe entre sus niveles.

Para los tensoactivos se analizó que los datos obtenidos de los análisis químicos sobrepasan el valor establecido por la norma. Según el análisis estadístico de los datos tabulados se obtiene que los factores Hora, Punto y Día son una fuente de variabilidad en la cantidad de tensoactivos. Los factores Hora, Punto y Día tienen mayor influencia en los datos debido a la diferencia que existe entre los niveles de cada uno de ellos.

Para el análisis estadístico de los datos tabulados del caudal se obtiene que los factores Hora, Punto y Día son una fuente de variabilidad en la cantidad de tensoactivos concluyendo que existe diferencia entre los niveles de cada uno de ellos. El caudal de la vertiente de agua es insignificante en comparación al caudal del Río Cutuchi por lo cual se puede suponer que esta vertiente no tendrá mayor influencia en la contaminación del Río.

Para la temperatura se analizó que un solo sobrepasa el valor establecido por la norma. Según el análisis estadístico de los datos tabulados se obtiene que los factores Hora, Punto y Día son una fuente de variabilidad en la temperatura concluyendo además que existe diferencia entre los niveles de cada uno de ellos.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda la evaluación de las consecuencias que tendrá la vertiente de agua residual proveniente de la empresa textil de curtiembre en el Río Cutuchi y el análisis de los efectos de la vertiente en el suelo por el cual pasa hasta llegar al río.

Buscar nuevas alternativas para mejorar el proceso de curtición con el objetivo de disminuir de la cantidad de químicos que se utiliza para el proceso y se esa manera contribuir a la producción más ecológica.

Realizar un estudio para el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para reutilizar el agua y disminuir la cantidad de agua que se utiliza.

Se debería analizar con más profundidad el parámetro cromo total, sulfatos y sulfuros por su alta concentración que tiene el mismo en la vertiente de agua residual ya que son parámetros altamente contaminantes al ambiente y muy nocivos para la salud.

Se debe realizar correctamente el muestreo, preparación y transporte de la muestra para evitar que el factor humano influya en las variables de respuesta, además se debe tener precaución con los reactivos químicos que son utilizados para el muestreo.

Se debería analizar con más profundidad las interacciones dobles que existen entre los factores de análisis para la determinación de los factores externos que pueden influir en la variable de respuesta.

6. Bibliografía

APHA. (2015). *Norma De Calidad Ambiental y de Descarga De Efluentes*. Re

Recuperado el 25 de marzo del 2021, del Registro Oficial No. 387

website: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155128.pdf>

Benitez Campo, N. (2013). Producción Limpia Y Biorremediación Para

Disminución De La Contaminación Por Cromo En La Industria De

Curtiembres.

Brandi, R. B., Eaton, A. D., & Rice, E. W. (2017). Standard Methods for the

examination of water and wastewater.

Castro, M., Almeida, J., Ferrer, J., & Diaz, D. (2014). Indicadores de la calidad

del agua: evolución y tendencias a nivel global. *Ingeniería Solidaria*,

10(17), 111–124.

CICAM. (2021). *Manual de análisis químicos*. 167.

Correa, A. (2014). *IMPORTANCIA DEL RECURSO AGUA Y ALGUNAS*

TECNOLOGÍAS DESTINADAS A MEJORAR SU CALIDAD.

Guerrero, M. (2012). *El agua*. Fondo de Cultura económica.

HACH company. (2018). *Sulfide, methylene blue method (800 µg/L), method*

8131. 1–6.

Martinez Buitrago, S. Y., & Romero Coca, J. A. (2017). Revisión del estado

actual de la industria de las curtiembres en sus procesos y productos: un

análisis de su competitividad. *Revista Facultad de Ciencias Económicas*,

26(1), 113–124.

Méndez Pampín, R., Vidal Sáez, G., Lorber, K., & Márquez, F. (2007).

Producción limpia en la industria de curtiembre. Univ. Santiago de Compostela.

Muñoz, J. S. C. (2012). Fotocatálisis heterogénea para el abatimiento de

tensoactivos aniónicos en aguas residuales. *Producción + Limpia*, 6(2), 92–107.

Naranjo, W. (2020). GAD Salcedo. Recuperado el 16 de marzo del 2021,

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

Norma Técnica Ecuatoriana. (1985). *AGUAS. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO DBO5.(INEN 1202)*.

Porras, Á. C. (2010). Descripción de La nocividad del cromo proveniente de la

industria curtiembre y de las posibles formas de removerlo. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 9(17), 41–49.

Rivera Corredor, L. J. (2006). *El Residuo Líquido De Las Curtiembres Estudio*

De Caso : Cuenca Alta Del Río Bogotá. 16(2), 14–28.

Rodríguez, A., Silva, P., & Reyes, M. (2010). Determinación De Sulfato Por El

Método Turbidimétrico En Aguas Y Aguas Residuales. Validación Del Método. *Revista Cubana de Química*, XXII(3), 39–44.

Rodriguez, J. (2009). Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y

magnesio , pH , conductividad y temperatura del agua pota - ble

analizados en conjunto con las Asociaciones Administra - doras del

Acueducto , (ASADAS), de cada distrito de Grecia , cantón de Alajuel.

Pensamiento Actual, 9(12), 125–134.

Salasm, G. (2005). Eliminación De Sulfuros Por Oxidación En El Tratamiento Del Agua Residual De Una Curtiembre. *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*, 8(1), 49–54.

Skoog, D., West, D., Holler, J., & Crouch, S. (2015). *Fundamento de Química Analítica* (9na Edició). México: Cengage Learning.

US Environmental Protection Agency. (2007). *METHOD 7010: Graphite furnace atomic absorption spectrophotometry*. 1–24.

7. Anexos