



**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 diseño experimental**

Moscoso Calvopiña, Daniela Alejandra

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Petroquímica

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

Urrutia Goyes, Edgar Ricardo, Ph.D.

13 de abril de 2021



## DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA

### CARRERA DE PETROQUÍMICA

#### CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo 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 diseño experimental**' fue realizado en su totalidad por la señorita **Moscoso Calvopiña, Daniela Alejandra** 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 de 2021



Firmado electrónicamente por:

EDGAR  
RICARDO  
URRUTIA  
GOYES

---

**Urrutia Goyes Edgar Ricardo, PhD**

**C.C.: 1803599313**

## REPORTE DE URKUND

### Urkund Analysis Result

Analysed Document: Tesis\_Moscoso\_rev1.docx (D100933371)  
Submitted: 4/8/2021 12:55:00 AM  
Submitted By: damoscoso@espe.edu.ec  
Significance: 0 %

Sources included in the report:

Instances where selected sources appear:

0



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



## DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA

### CARRERA DE PETROQUÍMICA

#### RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Moscoso Calvopiña, Daniela Alejandra** con cédula de ciudadanía N.º 0503622128, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **'Propiedades de medios naturales y elementos contaminantes en una zona de Salcedo potencialmente en riesgo a causa de industrias textiles'** 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 de 2021

**Moscoso Calvopiña Daniela Alejandra**

**C.C.: 0503622128**



**DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA**

**CARRERA DE PETROQUÍMICA**

**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN**

Yo, **Moscoso Calvopiña, Daniela Alejandra**, con cédula de ciudadanía N.º 0503622128, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: '**Propiedades de medios naturales y elementos contaminantes en una zona de Salcedo potencialmente en riesgo a causa de industrias textiles**' en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 12 de abril de 2021

**Moscoso Calvopiña Daniela Alejandra**

**C.C.: 0503622128**

## DEDICATORIA

A mi papá y a mi mamá por apoyarme y ayudarme cada día de mi vida siendo los pilares fundamentales en todo el transcurso estudiantil.

A mis hermanos y sobrinos.

A mis abuelitos que en forma espiritual me han apoyado y se sienten muy orgullosos de mí.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme llegar hasta aquí, a mis papás Fernando y Janeth por ser un ejemplo de perseverancia, ayudarme cada día a ser mejor y apoyarme en todo momento. A mis hermanos Diego, Luis y Vicky porque con su ejemplo y ayuda me han alentado a seguir adelante. A mis sobrinos Luis Fernando y Nahía que han estado ahí dándome alegrías con sus ocurrencias y volviendo los tiempos difíciles, momentos más placenteros.

A Jean Carlo mi enamorado que ha sido un apoyo fundamental en mi vida y me ha dado ánimos para seguir adelante.

Agradezco a mi tutor Dr. Ricardo Urrutia por ser mi guía y apoyo en el desarrollo de este proyecto, a mis profesores Dr. Roman Rodríguez, Ing. Katherine Donoso e Ing. Isabel Pazmiño que han compartido sus conocimientos no sólo en el ámbito académico si no en todo sentido y me han permitido aprender día tras día.

Finalmente agradezco a mis amigos que me acompañaron dentro de la universidad y hacían de cada momento inolvidable.

<b>Índice de contenidos</b>	
<b>Carátula.....</b>	<b>1</b>
<b>Certificación .....</b>	<b>2</b>
<b>Reporte de urkund .....</b>	<b>3</b>
<b>Responsabilidad de autoría.....</b>	<b>4</b>
<b>Autorización de publicación.....</b>	<b>5</b>
<b>Dedicatoria.....</b>	<b>6</b>
<b>Agradecimiento.....</b>	<b>7</b>
<b>Índice de contenidos .....</b>	<b>8</b>
<b>Índice de tablas .....</b>	<b>12</b>
<b>Índice de figuras .....</b>	<b>14</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>17</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>18</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>19</b>
<b>Objetivos.....</b>	<b>22</b>
<i>Objetivo general.....</i>	<b>22</b>
<i>Objetivos específicos.....</i>	<b>22</b>
<i>Actividades.....</i>	<b>22</b>
<b>Marco teórico .....</b>	<b>23</b>
<b>Ciudad de Salcedo.....</b>	<b>23</b>
<b>Industria textil .....</b>	<b>23</b>
<b>Agua.....</b>	<b>26</b>

<b>Parámetros que influyen en la calidad del agua.....</b>	<b>26</b>
<i>Aceites y grasas .....</i>	<b>26</b>
<i>Caudal.....</i>	<b>27</b>
<i>Cromo total.....</i>	<b>27</b>
<i>Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>).....</i>	<b>28</b>
<i>Demanda química de oxígeno (DQO).....</i>	<b>29</b>
<i>Dureza .....</i>	<b>29</b>
<i>Oxígeno disuelto.....</i>	<b>30</b>
<i>Potencial de hidrógeno (pH) .....</i>	<b>31</b>
<i>Sólidos totales .....</i>	<b>32</b>
<i>Sulfatos.....</i>	<b>32</b>
<i>Sulfuros .....</i>	<b>33</b>
<i>Tensoactivos.....</i>	<b>33</b>
<i>Temperatura .....</i>	<b>34</b>
<b>Técnicas para determinar los parámetros.....</b>	<b>34</b>
<i>Espectrofotómetro UV – VIS .....</i>	<b>34</b>
<i>Espectroscopia de absorción atómica con horno de grafito.....</i>	<b>35</b>
<i>Análisis gravimétrico .....</i>	<b>35</b>
<i>Análisis volumétrico .....</i>	<b>36</b>
<b>Metodología.....</b>	<b>37</b>
<b>Ubicación.....</b>	<b>37</b>

Toma de muestras .....	39
Métodos utilizados para el análisis de parámetros .....	42
Análisis estadístico .....	48
Resultados .....	51
Aceites y grasas .....	54
Caudal .....	55
Cromo total .....	60
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> ) .....	65
Demanda química de oxígeno (DQO) .....	70
Dureza total .....	76
Oxígeno disuelto .....	81
Sólidos totales .....	82
Sulfatos .....	88
Sulfuros .....	93
Tensoactivos .....	98
Temperatura .....	104
Potencial de hidrógeno .....	110
Conclusiones y recomendaciones .....	112
Conclusiones .....	112
Recomendaciones .....	115
Bibliografía .....	116

**Anexos..... 123**

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Clasificación del agua según el contenido de dureza total</i> .....	30
<b>Tabla 2</b> <i>Nomenclatura para la recolección de muestras</i> .....	39
<b>Tabla 3</b> <i>Procedimientos realizados para la toma de muestras</i> .....	40
<b>Tabla 4</b> <i>Diseño experimental obtenido para el análisis estadístico de los diferentes factores</i> .....	49
<b>Tabla 5</b> <i>Límites establecidos por el ministerio del ambiente</i> .....	51
<b>Tabla 6</b> <i>Resultados obtenidos de las concentraciones de cada parámetro</i> .....	53
<b>Tabla 7</b> <i>Datos del anova para el caudal</i> .....	57
<b>Tabla 8</b> <i>Datos de la media con respecto a la hora, al punto y al día</i> .....	59
<b>Tabla 9</b> <i>Datos del anova para el cromo total</i> .....	62
<b>Tabla 10</b> <i>Datos de la media con respecto a la hora, al punto y al día</i> .....	64
<b>Tabla 11</b> <i>Datos del anova para el DBO<sub>5</sub></i> .....	67
<b>Tabla 12</b> <i>Datos de la media con respecto a la hora, el punto y el día</i> .....	68
<b>Tabla 13</b> <i>Datos del anova para el DQO</i> .....	72
<b>Tabla 14</b> <i>Datos de la media con respecto a la hora, el punto y el día</i> .....	74
<b>Tabla 15</b> <i>Datos del anova para la dureza total</i> .....	78
<b>Tabla 16</b> <i>Datos de la media con respecto a la hora, al punto y al día</i> .....	80
<b>Tabla 17</b> <i>Datos del anova para sólidos totales</i> .....	84
<b>Tabla 18</b> <i>Datos de la media con respecto a la hora, al punto y al día</i> .....	86
<b>Tabla 19</b> <i>Datos del anova para sulfatos</i> .....	90
<b>Tabla 20</b> <i>Datos de la media con respecto a la hora, al punto y al día</i> .....	92
<b>Tabla 21</b> <i>Datos del anova para sulfuros</i> .....	95
<b>Tabla 22</b> <i>Datos de la media con respecto a la hora, al punto y al día</i> .....	97
<b>Tabla 23</b> <i>Datos del anova de tensoactivos</i> .....	100
<b>Tabla 24</b> <i>Datos de la media con respecto a la hora, al punto y al día</i> .....	102

**Tabla 25** *Datos del anova para la temperatura* ..... 106

**Tabla 26** *Datos de la media con respecto a la hora, al punto y al día* ..... 108

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> <i>Diagrama de flujo del proceso de curtido de cuero con sales de cromo.</i> .....	24
<b>Figura 2</b> <i>Ubicación de la industria en el cantón salcedo mapa arcgis® 2021</i> .....	38
<b>Figura 3</b> <i>Diagrama de bloques comparando la concentración de muestras analizadas con el límite máximo permisible.</i> .....	55
<b>Figura 4</b> <i>Gráfica de caja del caudal</i> .....	56
<b>Figura 5</b> <i>Gráficas de residuos para el caudal</i> .....	57
<b>Figura 6</b> <i>Gráficas de la media tomando en cuenta los diferentes factores</i> .....	59
<b>Figura 7</b> <i>Gráfica de interacciones dobles para el caudal</i> .....	60
<b>Figura 8</b> <i>Gráfica de caja del cromo total</i> .....	61
<b>Figura 9</b> <i>Gráficas de residuos para el cromo total</i> .....	62
<b>Figura 10</b> <i>Gráficas de la media tomando en cuenta los diferentes factores</i> .....	63
<b>Figura 11</b> <i>Gráfica de interacciones dobles para el cromo total</i> .....	64
<b>Figura 12</b> <i>Diagrama de bloques comparando la concentración de muestras analizadas con el límite máximo permisible.</i> .....	65
<b>Figura 13</b> <i>Gráfica de caja del DBO<sub>5</sub></i> .....	66
<b>Figura 14</b> <i>Gráficas de residuos para el DBO<sub>5</sub></i> .....	67
<b>Figura 15</b> <i>Gráficas de la media tomando en cuenta los diferentes factores</i> .....	68
<b>Figura 16</b> <i>Gráfica de interacciones dobles para el DBO<sub>5</sub></i> .....	69
<b>Figura 17</b> <i>Diagrama de bloques comparando la concentración de muestras analizadas con el límite máximo permisible</i> .....	70
<b>Figura 18</b> <i>Gráfica de caja del DQO</i> .....	71
<b>Figura 19</b> <i>Gráficas de residuos para el DQO</i> .....	72
<b>Figura 20</b> <i>Gráficas de la media tomando en cuenta los diferentes factores</i> .....	74
<b>Figura 21</b> <i>Gráfica de interacciones dobles para el DQO</i> .....	75

<b>Figura 22</b> <i>Diagrama de bloques comparando la concentración de muestras analizadas con el límite máximo permisible</i> .....	76
<b>Figura 23</b> <i>Gráfica de caja de la dureza total</i> .....	77
<b>Figura 24</b> <i>Gráficas de residuos para la dureza total</i> .....	78
<b>Figura 25</b> <i>Gráficas de la media tomando en cuenta los diferentes factores</i> .....	79
<b>Figura 26</b> <i>Gráfica de interacciones dobles para la dureza total</i> .....	80
<b>Figura 27</b> <i>Diagrama de bloques comparando la concentración de muestras analizadas con el límite máximo permisible</i> .....	80
<b>Figura 28</b> <i>Diagrama de bloques comparando la concentración de muestras analizadas con el límite máximo permisible</i> .....	82
<b>Figura 29</b> <i>Gráfica de caja de sólidos totales</i> .....	83
<b>Figura 30</b> <i>Gráficas de residuos para sólidos totales</i> .....	84
<b>Figura 31</b> <i>Gráficas de la media tomando en cuenta los diferentes factores</i> .....	86
<b>Figura 32</b> <i>Gráfica de interacciones dobles para los sólidos totales</i> .....	87
<b>Figura 33</b> <i>Diagrama de bloques comparando la concentración de muestras analizadas con el límite máximo permisible</i> .....	88
<b>Figura 34</b> <i>Gráfica de caja de sulfatos</i> .....	89
<b>Figura 35</b> <i>Gráficas de residuos para sulfatos</i> .....	90
<b>Figura 36</b> <i>Gráficas de la media tomando en cuenta los diferentes factores</i> .....	91
<b>Figura 37</b> <i>Gráfica de interacciones dobles para la concentración de sulfatos</i> .....	92
<b>Figura 38</b> <i>Diagrama de bloques comparando la concentración de muestras analizadas con el límite máximo permisible</i> .....	93
<b>Figura 39</b> <i>Gráfica de caja de sulfuros</i> .....	94
<b>Figura 40</b> <i>Gráficas de residuos para sulfuros</i> .....	95
<b>Figura 41</b> <i>Gráficas de la media tomando en cuenta los diferentes factores</i> .....	96
<b>Figura 42</b> <i>Gráfica de interacciones dobles para los sulfuros</i> .....	97

<b>Figura 43</b> <i>Diagrama de bloques comparando la concentración de muestras analizadas con el límite máximo permisible</i> .....	98
<b>Figura 44</b> <i>Gráfica de caja de tensoactivos</i> .....	99
<b>Figura 45</b> <i>Gráficas de residuos para tensoactivos</i> .....	100
<b>Figura 46</b> <i>Gráficas de la media tomando en cuenta los diferentes factores</i> .....	102
<b>Figura 47</b> <i>Gráfica de interacciones dobles para la concentración de tensoactivos</i> .....	103
<b>Figura 48</b> <i>Diagrama de bloques comparando la concentración de muestras analizadas con el límite máximo permisible</i> .....	104
<b>Figura 49</b> <i>Gráfica de caja de temperatura</i> .....	105
<b>Figura 50</b> <i>Gráficas de residuos para la temperatura</i> .....	106
<b>Figura 51</b> <i>Gráficas de la media tomando en cuenta los diferentes factores</i> .....	108
<b>Figura 52</b> <i>Gráfica de interacciones dobles para la temperatura</i> .....	109
<b>Figura 53</b> <i>Diagrama de bloques comparando temperatura de muestras analizadas con el límite máximo permisible</i> .....	110
<b>Figura 54</b> <i>Diagrama de bloques comparando la concentración de muestras analizadas con el límite máximo permisible</i> .....	111

## Resumen

Este trabajo comenzó realizando la definición de procesos textiles más comunes que generalmente producen gran cantidad de contaminación, sus causas y efectos. Seguido se hizo una búsqueda bibliográfica de los diferentes métodos de muestreo para agua y sus pertinentes análisis para contaminantes. A continuación se localizaron diferentes industrias las cuales son fuentes de contaminación en los alrededores de la ciudad de Salcedo, en donde, se definieron los cuerpos de agua que son afectados. Se determinó el número de muestras, factores de variabilidad y parámetros que serían analizados de acuerdo a su costo y disponibilidad. Se procedió a adquirir los materiales necesarios para realizar la toma de muestras y se continuó con la recolección, tomando en cuenta el almacenamiento y el transporte según las condiciones necesarias para evitar la degradación de las mismas. Las muestras tomadas se analizaron en el Centro de Investigación y Control Ambiental (CICAM) el cual se encuentra certificado por la norma ISO 17025, se obtuvieron los respectivos informes de resultados, los cuales fueron tabulados mediante un software, para el análisis estadístico y generación de gráficas de variación de datos. Se realizaron diferentes comparaciones con los límites establecidos por la normativa de la República del Ecuador. Por último se generaron conclusiones que mejoren dicha situación de contaminación.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **AGUA**
- **INDUSTRIA TEXTIL**
- **MUESTREO**
- **CONTROL DE CALIDAD**
- **CONTAMINACIÓN**

## **Abstract**

This work began by defining the most common textile processes that generally produce a large amount of pollution, its causes and effects. This was followed by a bibliographic search of the different sampling methods for water and their pertinent analyzes for contaminants. Next, different industries were located, which are sources of contamination in the surroundings of the city of Salcedo, where the bodies of water that are affected were defined. The number of samples, variability factors and parameters that would be analyzed according to their cost and availability were determined. The necessary materials were acquired to carry out the sampling and the collection continued, taking into account storage and transport according to the necessary conditions to avoid their degradation. The samples taken were analyzed at the Center for Environmental Research and Control (CICAM) which is certified by the ISO 17025 standard, the respective results reports were obtained, which were tabulated using software, for statistical analysis and generation of data variation graphs. Different comparisons were made with the limits established by the regulations of the Republic of Ecuador. Finally, conclusions were generated that improve said contamination situation.

### **KEYWORDS:**

- **WATER**
- **TEXTILE INDUSTRY**
- **SAMPLING**
- **QUALITY CONTROL**
- **CONTAMINATION**

## Capítulo I

### 1. Introducción

El agua es uno de los recursos más importantes en el mundo. La mayor parte para el consumo de agua se satisface con el agua de la lluvia que se deposita en los recursos hídricos superficiales y subterráneos. El agua se purifica continuamente por evaporación y precipitación, pero actualmente la contaminación del agua se ha convertido en uno de los problemas ambientales más graves; en donde existe una alta preocupación por el rápido deterioro del suministro de agua y por la disminución de la misma. Existen muchas causas que han provocado dicha situación pero las principales son la industrialización, agricultura, urbanización y el aumento de la población humana (Goel, 2006)

La industria de curtidurías es una de las más antiguas y contaminantes. El proceso de cuero se caracteriza principalmente por una gran cantidad de desechos líquidos y sólidos como grasas, materia orgánica, entre otros, los cuales son subproductos inevitables en dicha industria debido a que muchos de los compuestos químicos no reaccionan por completo y gran parte de este tipo de industrias descargan sus residuos a fuentes naturales. Estos desechos causan un exceso de contaminación a menos de que se traten de alguna manera antes de la descarga. En algunos casos los desechos líquidos pasan a sistemas de alcantarillado, los cuales siguen un tratamiento a gran escala y finalmente se descargan al medio ambiente (Bosnic, M., Buljan, J., Daniels, 2000)

Para el proceso de curtido se utilizan varios productos químicos como cal, carbonato de sodio, bicarbonato de sodio, sal común, sulfato de sodio, sulfato de cromo,

licores grasos, aceites vegetales y colorantes. Los residuos se caracterizan por tener un color fuerte entre marrón – rojizo opaco. Los desechos más importantes son el sulfuro y el cromo. Estos productos químicos al mezclarse con el agua subterránea contaminan de forma permanente y hacen que el agua sea inadecuada para beber, regar y consumir en general (Mondal, N. C., Saxena, V. K., Singh, 2005).

Los niveles establecidos de los diferentes parámetros contaminantes del efluente se pueden determinar de dos formas: la primera, los límites pueden basarse en normas que se han aplicado y que se consideran generalmente aceptables; y la segunda, los límites se establecen según líneas de balance de masa, mediante la cual se determina la calidad del agua aguas arriba y los requisitos del agua aguas abajo (Bosnic, M., Buljan, J., Daniels, 2000).

La contaminación de tales industrias altera propiedades físicas, químicas y biológicas del medio acuático. Muchas industrias no realizan un tratamiento previo del efluente hacia el ambiente por lo cual está altamente contaminado produciendo altos porcentajes de: demanda biológica de oxígeno ( $DBO_5$ ), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos en suspensión (SS), sulfuros, sulfatos, aceites y grasas, dureza, oxígeno disuelto, tensoactivos, temperatura, potencial de hidrógeno (pH) y cromo. El cromo es uno de los contaminantes más importantes y su mayor problema es la eliminación y recuperación del mismo. Los contenidos orgánicos disueltos consumen una considerable parte de oxígeno y por lo tanto aumentan el nivel de  $DBO_5$ , lo que produce una fermentación anaeróbica y produce ácidos orgánicos, por lo que la hidrólisis de estos ácidos provoca la disminución de valores de pH del agua residual. El contenido elevado de sólidos disueltos,  $DBO_5$  y DQO produce una pérdida de oxígeno disuelto comprometiendo la vida de organismos acuáticos (Ram Bharose & Singh, 2017). Dichos parámetros se pueden obtener con las siguientes técnicas: aceites y grasas, y sólidos

totales por gravimetría; cromo total por absorción atómica; DBO<sub>5</sub>, dureza total, y oxígeno disuelto por volumetría; DQO, sulfatos, sulfuros, y tensoactivos por espectrofotometría UV – VIS; pH con cintas medidoras de pH; temperatura con un termómetro; y caudal utilizando un balde graduado y un cronómetro (CICAM, 2021).

En el Ecuador, el Ministerio del Ambiente se maneja a través de la Ley de Gestión Ambiental el cual aplica normas ambientales tomando en cuenta los siguientes parámetros: calidad ambiental, normas de efluentes y emisiones, normas técnicas de calidad de productos, régimen de permisos y licencias administrativas, evaluaciones de impacto ambiental, listados de productos contaminantes y nocivos para la salud humana y el medio ambiente, entre otros (Ministerio del Ambiente del Ecuador., 2015).

Basándose en la Ley de Gestión Ambiental ecuatoriana en la tabla “Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce” tomando en cuenta diversos parámetros, se reflejan los siguientes valores que se encuentran dentro de los límites permisibles: aceites y grasas 30.0 mg/L; cromo total 0.032 mg/L; DBO<sub>5</sub> 100 mg/L; DQO 200 mg/L; oxígeno disuelto >80% de saturación; sólidos totales 1,600 mg/L; sulfatos 1,000 mg/L; sulfuros 0,5 mg/L; tensoactivos 0.5 mg/L; pH 6. – 9.0; y temperatura que es: condiciones ambientales  $\pm 3$  °C (Ministerio del Ambiente del Ecuador., 2015).

En el presente trabajo se tomaron 20 muestras de agua residual de una industria de curtiembre para realizar el análisis de los parámetros más comunes de calidad los cuales son: aceites y grasas, cromo total, DBO<sub>5</sub>, DQO, dureza total, oxígeno disuelto, pH, sólidos totales, sulfuros, sulfatos, temperatura y tensoactivos; y mediante los resultados obtenidos verificar si estos se encuentran dentro de los límites máximos permisibles o si sobrepasan los mismos.

## **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 específicos***

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

Determinar las zonas potenciales para el estudio y sus características.

Definir el número y ubicación de localizaciones para la obtención de muestras.

Definir los parámetros utilizados en los análisis de los residuos de agua para este tipo de industrias.

Plantear un diseño experimental completo y realizar una análisis de varianza ANOVA.

### **1.1.3 *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.

Reconocer los medios que podrían verse afectados en la zona.

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

Definir el número y ubicación de localizaciones para obtener muestras.

## Capítulo II

### 2. Marco teórico

#### 2.1 Ciudad de Salcedo

La ciudad de Salcedo se encuentra en el centro de la Sierra del Ecuador, es un cantón perteneciente a la provincia de Cotopaxi ubicado en parte sur – oriental de la misma, forma parte del sector interandino, localizado en las coordenadas 78°22' oriente y 78°49' occidente. Se encuentra limitado al norte con los cantones Pujilí y Latacunga, al sur con la Provincia de Tungurahua al este con la provincia de Napo y al oeste con la ciudad de Pujilí (Moya, 2014). En el cantón Salcedo se encuentra el río Cutuchi el cual es una de las principales fuentes de agua utilizadas para riego tanto en las provincias de Cotopaxi y Tungurahua abarcando aproximadamente 7,500 hectáreas. Muchas industrias descargan los desechos y aguas residuales a este río, por lo cual se ha comprobado la presencia de aceites, gasolinas y aguas servidas en el mismo (Mafla, 2015).

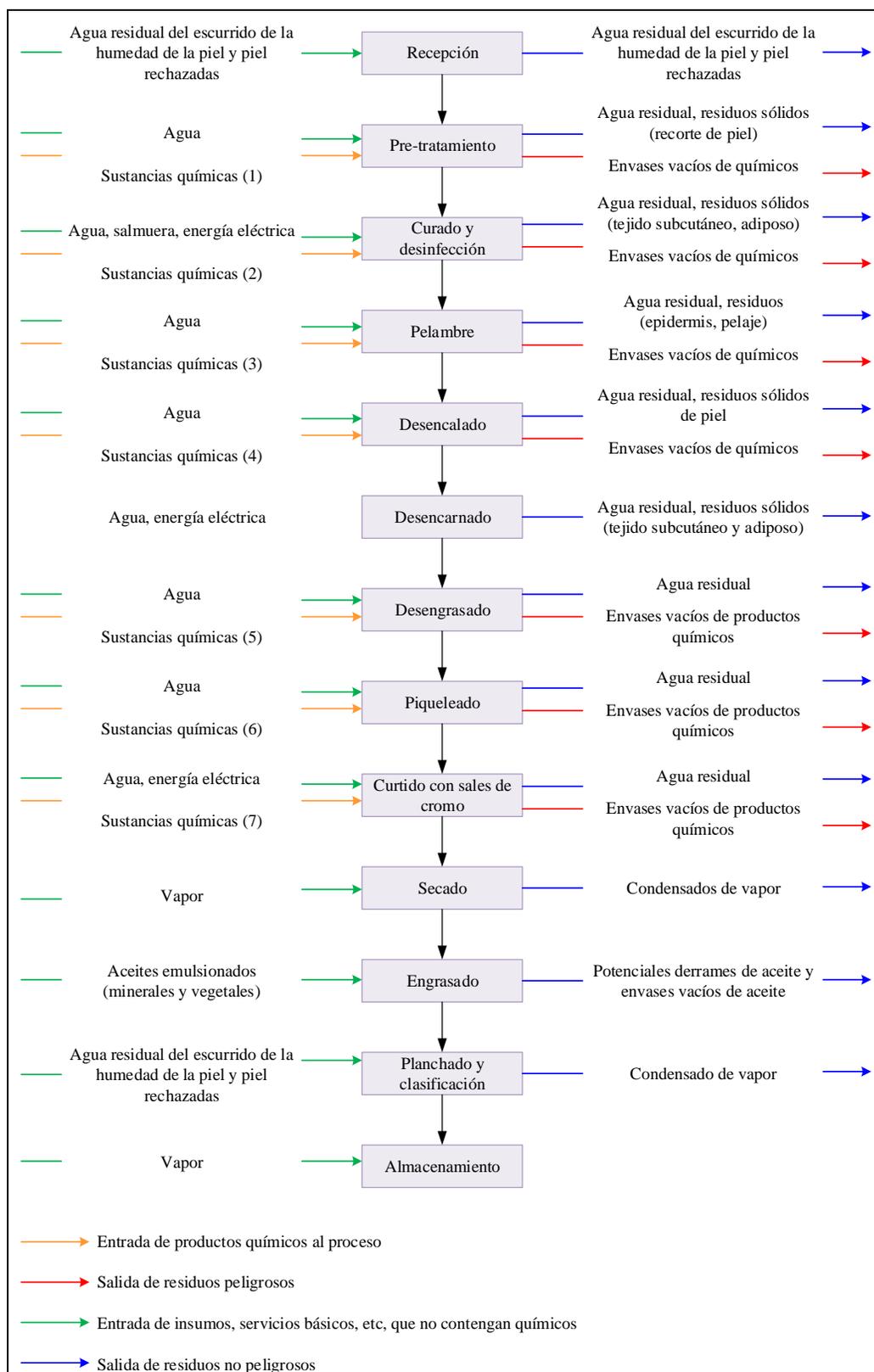
#### 2.2 Industria textil

Las actividades textiles forman parte de una significativa fuente generadora de empleo, necesita de mano de obra calificada e incluso es una industria integrada, es decir, que necesita de insumos de otros sectores tales como el agrícola, ganadero, entre otros (Carrillo, 2010). Se compone de un sector diverso el cual posee diferentes actividades productivas desde la producción de fibras hasta la elaboración de prendas de vestir. Se encuentra definido como demanda débil y contenido tecnológico bajo. En las últimas décadas esta industria ha tenido cambios de reconversión y reestructuración con el objetivo de acoger nuevas tecnologías para en un futuro formar parte de

competencias internacionales. Este tipo de industrias se encuentran vinculadas con el sector primario en el cual se necesitan fibras textiles naturales y con la industria química en donde se generan fibras sintéticas (Costa & Duch, 2005). El proceso de curtido es aquel en donde la piel de los animales se transforma en cuero. Por lo general la piel se obtiene como subproducto de las industrias de carne, en donde las más utilizadas son las de bovino, porcino y ovino, las mismas que son la principal fuente de materia prima del sector industrial de curtido. Para el proceso de curtido del cuero se utilizan dos métodos en base a sales de cromo y en base de agentes vegetales, en las cuales más del 80% de industrias utiliza sales de cromo. Este proceso sigue diferentes etapas las cuales son: Recepción de la materia prima, pre-tratamiento, curado y desinfectado, pelambre, desencalado, desencarnado, desengrasado, piqueleado, curtido al cromo, secado, engrasado y finalmente planchado y clasificación. En la Figura 1 se puede observar un diagrama de flujo en el cual se describe el proceso de curtido de cuero mediante sales de cromo (Ministerio de Ambiente Ecuador, 2011).

**Figura 1**

*Diagrama de flujo del proceso de curtido de cuero con sales de cromo*



Nota. (Ministerio de Ambiente Ecuador, 2011)

## **2.3 Agua**

El agua es un componente importante para vivir. En la antigüedad, a finales del siglo XVIII y principios del siglo XIX las personas se dieron cuenta las enfermedades que estaba causando el consumo del agua contaminada, es por estos motivos que empezaron a desinfectar la misma. Con el transcurso del tiempo la humanidad siguió desarrollándose, siendo así que aumentaron las descargas residuales domésticas e industriales, de esta forma se empezaron a destruir los ecosistemas. El agua tiene diferentes ciclos como evaporación, condensación, precipitación, infiltración y escorrentía, la Tierra posee un volumen de agua dulce de 35,029,110 km<sup>3</sup> y de agua salada 1,386,000,000 km<sup>3</sup>, (Sierra, 2011).

Los lagos de agua dulce, ríos y lagunas son las principales fuentes de abastecimiento para que el hombre pueda desarrollar sus funciones básicas, en las mismas, se descargan aguas residuales sin un tratamiento previo, por tal motivo se encuentran más contaminadas. En muchos lugares del mundo estas aguas superficiales poseen un grado elevado de contaminación que no se les puede dar un uso en especial y ya sólo se quedan como receptoras de desechos (Sierra, 2011).

## **2.4 Parámetros que influyen en la calidad del agua**

### **2.4.1 Aceites y grasas**

Los aceites y grasas que se encuentran en los desechos de aguas industriales son contaminantes problemáticos (Lobos-Moysa & Bodzek, 2012). La presencia de dichos residuos en los efluentes industriales provoca inconvenientes en el tratamiento del agua y también ocasionan contaminación del suelo y del agua en donde las mismas son descargadas. La mayor parte de contaminación por grasas y aceites son originarios de desperdicios alimentarios, estos son inmiscibles con el agua y al reaccionar de esta manera, se quedan en la superficies del agua produciendo natas y espumas, en el que

dichos productos impiden todo tipo de tratamiento químico físico o biológico (Vidales et al., 2010). Es necesario e importante tratar los efluentes industriales antes de ser eliminados al ambiente, para esto se puede instalar trampas de grasa (Lobos-Moysa & Bodzek, 2012).

#### **2.4.2 Caudal**

El caudal es un volumen de agua que fluye a través de un área determinada de un río, acequia, canal entre otros dentro de un tiempo establecido. Se puede obtener multiplicando la velocidad de la corriente por el área del sitio que se desea conocer, generalmente se expresa en unidades de  $m^3/s$  o L/s. El caudal ecológico es definido por ser capaz de conservar las funciones básicas del ecosistema fluvial, existen diferentes tipos de caudales estos pueden ser: de mantenimiento, de acondicionamiento, de limpieza, máximo y de sequía (Flachier, 2016).

#### **2.4.3 Cromo total**

El cromo es un elemento químico, se encuentra en la tabla periódica con el símbolo Cr, número atómico 24 y masa atómica 51.9961. Está en estado sólido y fue descubierto en 1780 en Francia. Tiene una propiedad muy importante que es la resistencia a la oxidación por lo tanto este metal tiene diversas aplicaciones como en aleaciones férreas, fabricación de herramientas y utensilios. Uno de los compuestos más usados con el cromo es el dicromato de sodio ( $Na_2Cr_2O_7$ ) el mismo que se utiliza en la industria textil y curtido de cuero como inhibidor de la oxidación (Mafla, 2015).

Las industrias de cuero, galvanoplastia, conservación de madera, fabricación de tintes, pintura y papel son una fuente generadora de contaminación de cromo en el ambiente (P. A. Kumar et al., 2007). Las pieles de animal son capaces de absorber los compuestos químicos de cromo necesarios para prevenir la descomposición, por lo cual se vuelven resistentes a la humedad (Zewdu & Amare, 2018). Las curtidurías de cuero

emiten grandes cantidades de sales de cromo, localizándose en el ambiente como cromo III y VI, sin embargo también puede estar presente en forma de óxido de cromo ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), sulfato de cromo ( $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ ), trióxido de cromo ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), ácido crómico ( $\text{H}_2\text{CrO}_4$ ) y dicromato ( $(\text{Cr}_2\text{O}_7)^{2-}$ ). El Cr (VI) en presencia de materia orgánica se reduce a Cr (III), aunque muchas veces las altas concentraciones de Cr (VI) tienden a reducirse más de su capacidad y por lo tanto no se puede eliminar de manera adecuada (Severiche Sierra & González García, 2013). Los derivados del cromo que se encuentran en elevadas concentraciones como cromatos y dicromatos son tóxicos para las plantas y los suelos así como también para el ser humano siendo cancerígeno y mutagenico (P. A. Kumar et al., 2007).

#### **2.4.4 Demanda bioquímica de oxígeno ( $\text{DBO}_5$ )**

El  $\text{DBO}_5$  mide la cantidad de oxígeno que se consume con respecto a la eliminación de la materia orgánica que se encuentra en el agua, esto sucede gracias a procesos biológicos aerobios. El subíndice 5 indica el consumo de oxígeno en 5 días. Generalmente las aguas que son subterráneas contienen menos de 1 ppm, por lo que cuando se tienen valores mayores de concentración quiere decir que existe contaminación. Mientras que si se toma en cuenta los efluentes industriales en aguas superficiales la concentración aumenta considerablemente, y por tal razón se debe realizar procesos biológicos y fisicoquímicos (Rigola, 1990).

Las industrias que más aportan con este parámetro de contaminación son las de pulpa y papel, madera y curtiduría de cueros, el  $\text{DBO}_5$  determina la cantidad de oxígeno que se necesita para que se produzca la oxidación bioquímica de la materia orgánica. Es un parámetro muy importante que se utiliza para conocer la calidad del agua y como indicador para saber qué tan contaminada esta la misma (A. Kumar et al., 2010). Cuando se tiene gran cantidad de materia orgánica disuelta en el agua consume

considerablemente el oxígeno y por lo tanto aumenta la concentración de  $\text{DBO}_5$  (Ram Bharose & Singh, 2017).

#### **2.4.5 Demanda química de oxígeno (DQO)**

El DQO es el encargado de medir la capacidad que un oxidante químico tal como dicromato o permanganato puede consumir materias oxidables las cuales se encuentran en el agua. Se expresa en ppm de oxígeno, es un indicador que sirve para conocer el contenido de materias orgánicas oxidables y compuestos reductores. Las aguas superficiales que se encuentran contaminadas por efluentes industriales poseen concentraciones elevadas de DQO. El DBO y el DQO se relacionan directamente, ya que, entre los dos parámetros se indica que tan biodegradable es la materia contaminante. Cuando la relación DBO y DQO en aguas residuales posee un valor menor a 0.2 ppm quiere decir que se tienen contaminantes inorgánicos, de lo contrario si es mayor a 0.6 ppm tiene residuos orgánicos (Rigola, 1990).

En los efluentes industriales el DQO se fracciona en términos de biodegradabilidad, esta es característica primordial para el estudio de aguas residuales. Este parámetro se puede determinar a través del método volumétrico y colorimétrico. Se utiliza dicromato de potasio para oxidar las sustancias orgánicas o inorgánicas en el agua residual. Las aguas residuales producidas por industrias pueden tener concentraciones elevadas de materia inorgánica (De Aquino et al., 2006).

#### **2.4.6 Dureza**

La dureza es la presencia de sales disueltas de calcio y magnesio en agua, crea incrustaciones en tuberías y equipos industriales. Existen diferentes tipos de dureza estas son: total, permanente y temporal. La dureza total mide la cantidad de iones  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$ , la dureza permanente mide la cantidad de iones  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$  luego de que el agua haya sido sometida a ebullición, filtración y recuperación y la dureza temporal

mide la cantidad de iones  $\text{CO}_3\text{H}^-$ , los cuales son eliminados por medio de ebullición, es la diferencia entre la dureza total y permanente (Rigola, 1990).

El agua natural se encuentra compuesta de diferentes sales, debido a que muchas industrias tales como la de curtido de cueros, cerámica, papel, entre otras, utilizan jabones de alto peso molecular y por tal razón se forman precipitados debido a las sales solubles de calcio y magnesio. Muchas de estas industrias no poseen un tratamiento de aguas residuales y descargan todo al agua natural, comúnmente estas aguas tienen gran porcentaje de bicarbonatos de calcio y magnesio, lo cual el agua se vuelve alcalina (Julián-Soto, 2010). La dureza del agua puede clasificarse según el contenido de  $(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$  que se encuentra en la dureza total como se presenta en la Tabla 1 (Millán et al., 2003).

**Tabla 1**

*Clasificación del agua según el contenido de dureza total*

<b>Tipo de agua</b>	<b>ppm <math>\text{CaCO}_3</math></b>
Muy blanda	0 – 15
Blanda	16 – 75
Semidura	76 – 150
Dura	151 – 300
Muy dura	> 300

*Nota.* (Millán et al., 2003)

**2.4.7 Oxígeno disuelto**

Es la cantidad de oxígeno presente en el agua, este oxígeno es procedente del aire, en donde el agua absorbe el oxígeno y este es indispensable para la vida acuática. Cuando existe materia orgánica presente en dicha agua, muchos microorganismos aprovechan el oxígeno disuelto, y la concentración del mismo disminuye; esta

disminución se puede asociar no solo con la contaminación si no también puede existir la presencia de actividad fotosintética y corrosividad. Para poder conocer la concentración de DBO es necesario conocer el contenido de oxígeno disuelto en el agua (Vinueza, 2012).

Actualmente existe una gran cantidad de industrias por lo que la contaminación antropogénica crece cada vez más, estas industrias emiten efluentes líquidos los cuales en ciertas ocasiones son descargados a las aguas naturales sin tratamiento alguno, este hecho produce el agotamiento del oxígeno disuelto en el agua conocido como hipoxia, en donde existe una concentración muy baja de oxígeno, es decir menor a 2 ppm, lo cual afecta a las condiciones normales de vida de los organismos acuáticos (Li et al., 2015). Cuando el agua posee una cantidad mayor al 80% de saturación de oxígeno indica que es de buena calidad, en donde dicho porcentaje permite degradar los compuestos presentes en la misma (Baque Mite et al., 2016).

#### **2.4.8 *Potencial de hidrógeno (pH)***

Es muy conocido por sus siglas pH, sirve para medir la concentración de iones de hidrógeno, puede ser una medida en forma de un ácido o una base de una solución acuosa. El pH del agua por lo general se encuentra entre 6 y 8. Para poder obtener el valor del pH se puede lograr mediante un equipo conocido como pHmetro o a través de cintas para medir pH, las cuales se pintan de un color en específico y por medio una tabla establecida se puede conocer el valor en específico. Este parámetro depende directamente de la temperatura del fluido (Rigola, 1990).

Cuando el pH del agua no se encuentra dentro del rango establecido no se puede beber ni consumir para diferentes fines (Ram Bharose & Singh, 2017). El pH es contaminante cuando se encuentra entre 6.5 y 8.5, mientras que para valores menores

a 6.5 puede ser una sustancia corrosiva que puede afectar a los metales (Sigler & Bauder, 2014).

#### **2.4.9 Sólidos totales**

Los sólidos totales son la unión de los sólidos disueltos y los sólidos suspendidos. Los sólidos disueltos es el contenido de materia disuelta que se encuentra en el agua, se pueden identificar al evaporar un volumen de agua que previamente fue filtrada, estos sólidos pueden ser originados por materia orgánica e inorgánica. Mientras que los sólidos suspendidos, son los sólidos que no se han disuelto, es decir, que se han sedimentado, estos son secados y pesados en un filtro (Rigola, 1990).

Los efluentes industriales son aquellos que producen un exceso de sólidos en el agua, lo cual provoca el agotamiento de oxígeno disuelto, estos sólidos son considerados fundamentales para deteriorar la misma, lo que provocan que el tratamiento del agua sea más difícil y a su vez costoso, disminuye los recursos pesqueros y por último daña la estética general del agua (Verma et al., 2013).

#### **2.4.10 Sulfatos**

Es un ion de azufre que se compone de cuatro átomos de oxígeno ( $\text{SO}_4^{-2}$ ) su peso molecular es de 96 g/mol, se utiliza para indicar la contaminación que existe en la atmósfera, esto se debe a la emisión de contaminantes producidos por las industrias en especial dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), este compuesto reacciona con el agua y forma ácido sulfúrico (Simbaña, 2011).

Las industrias de papel, producción de fertilizantes, pesticidas, industrias textiles, entre otras aportan significativamente con sulfatos en el agua residual, la industria de curtido de cuero utiliza diferentes compuestos para depilar la piel uno de estos es el  $\text{H}_2\text{S}$ , en donde se obtiene en los residuos de agua con un alto contenido de sulfuros y

sulfatos sin reaccionar. El ambiente no se encuentra amenazado directamente por la concentración de sulfatos, debido a que es un compuesto químico inerte, no volátil y no tóxico, pero este compuesto puede desequilibrar el ciclo natural del azufre (Verma et al., 2013). Los sulfatos pueden corroer las alcantarillas cuando se realizan la descarga de dichas aguas residuales, y estos también pueden reducirse a sulfuros (Tait et al., 2009).

#### **2.4.11 Sulfuros**

Es un compuesto del azufre que se encuentra combinado con un elemento químico, generalmente estos compuestos son tóxicos y tienen un olor a huevo podrido el cual es muy característico (Jarrín, 2016). Los sulfuros se encuentran presentes en aguas subterráneas y sedimentos, se produce a partir de la descomposición de la materia orgánica y de la reducción de sulfatos. El  $H_2S$  que se encuentra disuelto en el agua es tóxico para los peces y microorganismos acuáticos (Rodríguez, 1981).

Cuando los sulfuros se encuentran a una concentración elevada puede causar enfermedades a los seres vivos e incluso la muerte y respecto a los daños materiales produce que las tuberías se corroan (Jameel, 1989).

#### **2.4.12 Tensoactivos**

Conocidos también como surfactantes son moléculas orgánicas que se disuelven en agua y forman una especie de espuma, se clasifican en aniónicos, catiónicos, no iónicos y biológicos. Generalmente se utilizan sulfonatos de alquilo lineales los cuales son biodegradables y no producen un exceso de espuma en comparación con otros surfactantes. Estos compuestos son un riesgo significativo en el ambiente en especial para la flora y fauna acuática, la presencia de espuma en lagos, ríos y mares impide la transferencia de oxígeno del aire hacia el agua (Zumba, 2018).

Los surfactantes disminuyen la tensión superficial del agua, se encuentran conformados entre 10 y 20 átomos de carbono siendo está la parte hidrófoba, mientras que la parte hidrófila es aquella que puede ionizarse, cuando existe una elevada concentración de tensoactivos estos tienden a micelarse formando una pseudo-fase (Adak et al., 2005).

#### **2.4.13 Temperatura**

Es una propiedad física del agua, dicha propiedad permite que se desarrollen diferentes fenómenos como es la solubilidad de los gases entre estos el más importante el oxígeno disuelto. La temperatura del agua depende de muchos factores tal como la naturaleza de las rocas, profundidad, emisiones de efluentes industriales, entre otros. La temperatura puede variar dependiendo la capa acuífera y factores inadecuados que puedan encontrarse en el agua (Rodríguez Zamora, 2009).

La temperatura puede influir indirectamente en el agua afectando a la cantidad de oxígeno disuelto que se encuentra en la misma, para que exista la suficiente cantidad de oxígeno en el agua la temperatura óptima puede encontrarse entre 14 y 15 °C (Morales Lema, 2019). La generación de lodos es otro factor causado por la temperatura, por lo que se originan mayor cantidad de lodos a temperaturas menores de 15 °C (Deffairi, 2018).

### **2.5 Técnicas para determinar los parámetros**

#### **2.5.1 Espectrofotómetro UV – VIS**

Un espectrofotómetro es un espectrómetro el cual es una herramienta que se emplea un monocromador junto con un transductor obteniendo señales eléctricas. Estos espectrofotómetros sirven para obtener la medición de la relación entre la energía radiante de dos rayos, es decir, permite obtener la absorbancia, para esto se necesita una longitud de onda la cual puede variar constantemente y de esta forma obtener

espectros de absorción. Por lo general en su gran mayoría los espectrofotómetros se encuentran en la región uv/visible y pocas veces en la región infrarroja, estos pueden funcionar con un haz o doble haz (Skoog et al., 2015).

La ley de Lambert Beer indica que se puede obtener la concentración de especies absorbentes mediante la absorbancia, ya que, la misma es proporcional, para esto hay que tomar en cuenta la longitud de la trayectoria del medio absorbente (Skoog et al., 2015).

### **2.5.2 Espectroscopia de absorción atómica con horno de grafito**

La espectroscopia atómica es comúnmente utilizada en la determinación cualitativa y cuantitativa de diferentes metales, esta técnica permite detectar cantidades muy pequeñas como ppm, ppb e incluso concentraciones menores (Skoog et al., 2015). Esta técnica también se conoce como atomización electrotérmica, es muy sensible debido a que se atomiza la muestra en un periodo de tiempo muy pequeño. La longitud de onda es dependiente de cada metal, el resultado se encuentra sujeto a la absorción de la intensidad de luz (Araujo, 2016).

Para el análisis de muestras en un horno de grafito se siguen los siguientes pasos: evaporación del solvente, calcinación de la muestra, atomización, limpieza del tubo, enfriamiento del sistema y lectura de la señal (Cevallos, 2017).

### **2.5.3 Análisis gravimétrico**

Es un análisis que depende de la masa de un producto, en donde se calcula el contenido de analito que se encuentra en una muestra (Harris, 2007). Es uno de los análisis más precisos que sirve para determinar cuantitativamente elementos, iones o compuestos que contengan cantidades iguales o mayores a 10 mg. Se basa fundamentalmente en transformar un analito que se encuentre en estado sólido, líquido

o gaseoso a estado sólido y finalmente pesar el producto. Existen diferentes maneras de cambiar de estado líquido y gaseoso a sólido estas pueden ser mediante combustión o precipitación (Aldabe et al., 2002).

#### **2.5.4 *Análisis volumétrico***

Es una valoración que permite diluir un reactivo con una concentración conocida en otra sustancia, en donde se puede determinar la cantidad o concentración de dicha sustancia hasta que se haya dado la reacción. También se puede definir como la determinación de la cantidad de un reactivo conocido como analito que se encuentra en una muestra a través de la añadidura de otro reactivo conociendo la concentración del mismo (Martínez, 2017).

## Capítulo III

### 3. Metodología

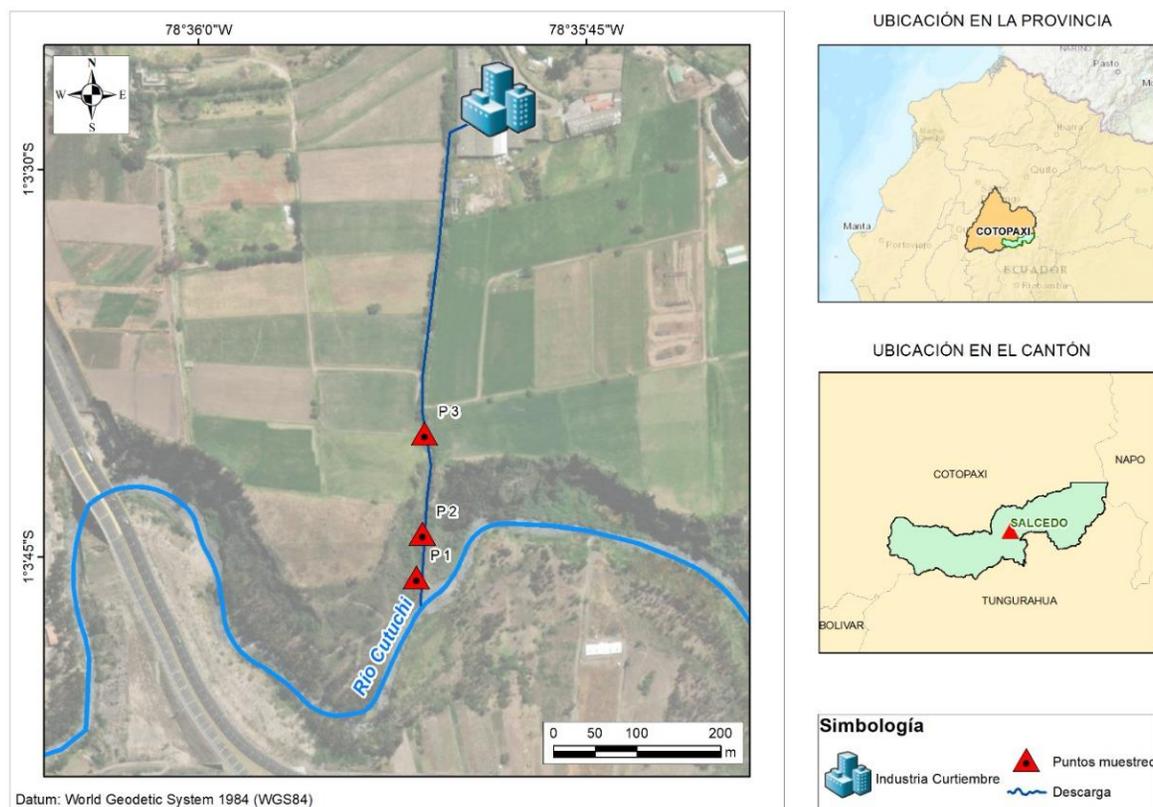
#### 3.1 Ubicación

La ciudad de Salcedo se encuentra localizada en la provincia de Cotopaxi, limitando en el Norte con los cantones de Pujilí y Latacunga y al Sur con los cantones de Ambato y Píllaro. Según datos registrados Salcedo cuenta con un área superficial de 484 km<sup>2</sup>. Para el desarrollo de dicho proyecto se tomó en cuenta una industria de curtiduría de cueros en los cuales se recolectaron tres puntos de muestras diferentes ubicados geográficamente en las coordenadas UTM 761,371.3 Este y 9,882,488.4 Norte. Dichos puntos se encontraban aproximadamente a una distancia de 100 m entre un punto y otro.

En la Figura 2 se puede observar un mapa en dónde se encuentra el cantón Salcedo y se presenta la ubicación exacta de la industria de curtiduría de cueros en donde se realizó la toma de muestras. Esta industria no cuenta con tratamiento de aguas antes de ser enviado a una fuente natural, la misma cuenta con un desagüe principal por donde van todos los residuos de agua y se unen al río Cutuchi. Se definieron 3 ubicaciones diferentes de toma de muestras, en los cuales se recolectaron 6 muestras en cada punto, consiguiendo 18 muestras y 2 repeticiones, las mismas que se recogieron el día sábado, martes y miércoles; para las repeticiones se recolectaron los días martes y miércoles en el punto 1 a la primera hora y punto 3 a la segunda hora respectivamente, consiguiendo así un total de 20 muestras para realizar el análisis respectivo tomando en cuenta los diferentes parámetros.

**Figura 2**

Ubicación de la industria en el cantón salcedo mapa arcgis® 2021



Para realizar una adecuada toma de muestras se llevó a cabo un diseño experimental mediante el programa Minitab®, el cual permitió seguir una planificación mediante una distribución aleatoria. A cada muestra se estableció una nomenclatura diferente tomando en cuenta el día, la ubicación y la hora. En la Tabla 2 se muestra la manera en que se tomó y se etiquetó cada una. Esta representación se mantuvo en todo el proyecto para poder diferenciar las mismas. Para el primer nombre de la muestra, la etiqueta colocada fue D2P1H1 la misma que significa (D) el día en este caso el segundo (2), (P) el punto en este caso el primero (1) y (H) la hora en este caso la

primera (1). Para las muestras que poseen (R) significa que es la réplica de determinado lugar.

**Tabla 2**

*Nomenclatura para la recolección de muestras*

N° muestra	Orden Corrida	Hora	Punto	Día	Etiqueta
1	1	9 am	P1	Martes	D2P1H1
8	2	9 am	P3	Miércoles	D3P3H1
15	3	12 pm	P2	Sábado	D1P2H2
16	4	12 pm	P3	Martes	D2P3H2
9	5	9 am	P3	Sábado	D1P3H1
12	6	12 pm	P1	Sábado	D1P1H2
6	7	9 am	P2	Sábado	D1P2H1
2	8	9 am	P1	Miércoles	D3P1H1
11	9	12 pm	P1	Miércoles	D3P1H2
14	10	12 pm	P2	Miércoles	D3P2H2
10	11	12 pm	P1	Martes	D2P1H1
18	12	12 pm	P3	Sábado	D3P3H2
5	13	9 am	P2	Miércoles	D3P2H1
17	14	12 pm	P3	Miércoles	D3P3H2
4	15	9 am	P2	Martes	D2P2H1
3	16	9 am	P1	Sábado	D1P1H1
7	17	9 am	P3	Martes	D2P3H1
13	18	12 pm	P2	Martes	D2P2H1
19	19	9 am	P1	Martes	R1D2P1H1
20	20	12 pm	P3	Miércoles	R2D3P3H2

### 3.2 Toma de muestras

Para la recolección de muestras en cada punto se necesitó un balde con medida, 1 botella de plástico de 3 L, una botella ámbar de 1 L y 2 botellas winkler aproximadamente de 300 ml. Adicionalmente se utilizaron reactivos químicos como ácido sulfúrico, sulfato manganoso y álcali yodo yoduro. La toma de muestras en la

botella de plástico sirvió para analizar cromo total, DBO5, DQO, dureza total, sólidos totales, sulfatos, y tensoactivos. La botella ámbar se usó para aceites y grasas, mientras que en las botellas winkler se colocaron muestras para sulfuros y oxígeno disuelto. En la Tabla 3 se presentan los procedimientos que se siguieron para tomar las respectivas muestras.

**Tabla 3**

*Procedimientos realizados para la toma de muestras*

<b>Parámetro</b>	<b>Procedimiento</b>
<b>Aceites y grasas</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tomar el agua residual que se va analizar en un recipiente graduado.</li> <li>2. Agregar 1ml de ácido sulfúrico puro para preservar la muestra en una botella ámbar de 1 L.</li> <li>3. Llenar la botella ámbar utilizando un embudo.</li> <li>4. Colocar la tapa en la botella y sellar bien.</li> <li>5. Etiquetar la muestra.</li> <li>6. Almacenar la muestra.</li> </ol>
<b>Caudal</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tomar el agua residual en un recipiente graduado.</li> <li>2. Tomar el tiempo con un cronómetro.</li> <li>3. Calcular el volumen que se llenó el balde en el respectivo tiempo.</li> <li>4. Etiquetar la muestra.</li> <li>5. Almacenar la muestra.</li> </ol>
<b>Cromo total, DBO<sub>5</sub>, DQO,</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tomar el agua residual que se va analizar en un recipiente graduado.</li> </ol>

<b>Parámetro</b>	<b>Procedimiento</b>
<b>dureza total, sólidos totales, sulfatos, tensoactivos</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Llenar la botella plástica de 3 L utilizando un embudo.</li> <li>3. Colocar la tapa en la botella y sellar bien.</li> <li>4. Etiquetar la muestra.</li> <li>5. Almacenar la muestra.</li> </ol>
<b>Sulfuros</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tomar el agua residual que se va analizar en un recipiente graduado.</li> <li>2. Sumergir la botella winkler con la tapa.</li> <li>3. Destapar la botella mientras está sumergida.</li> <li>4. Llenar la botella completamente.</li> <li>5. Colocar la tapa de la botella mientras se encuentra sumergida.</li> <li>6. Etiquetar la muestra.</li> <li>7. Almacenar la muestra.</li> </ol>
<b>Oxígeno disuelto (O<sub>2</sub>)</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tomar el agua residual que se va analizar en un recipiente graduado.</li> <li>2. Colocar la botella winkler de forma diagonal dentro del recipiente para que ingrese el agua lentamente y sin burbujas.</li> <li>3. Llenar la botella completamente.</li> <li>4. Colocar la tapa de la botella y homogenizar la muestra.</li> <li>5. Abrir la botella y colocar 1 ml de sulfato manganoso, cerrar la botella y homogenizar la muestra.</li> <li>6. Abrir la botella y colocar 1 ml de álcali yodo yoduro, cerrar la botella y homogenizar la muestra.</li> </ol>

<b>Parámetro</b>	<b>Procedimiento</b>
	<ol style="list-style-type: none"> <li>7. Abrir la botella y colocar 1 ml ácido sulfúrico, cerrar la botella y homogenizar la muestra.</li> <li>8. Etiquetar la muestra.</li> <li>9. Almacenar la muestra.</li> </ol>
<b>Potencial de hidrógeno (pH)</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tomar el agua residual que se va analizar en un balde.</li> <li>2. Introducir una cinta de pH por 3 segundos.</li> <li>3. Sacar la tira de pH y comparar los colores obtenidos con los estándares de prueba del fabricante.</li> <li>4. Registrar los datos tomados.</li> </ol>
<b>Temperatura</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tomar la temperatura del agua con un termómetro SainSonic.</li> <li>2. Registrar los datos tomados.</li> </ol>

### 3.3 Métodos utilizados para el análisis de parámetros

#### Aceites y grasas

Se utilizó un método de gravimetría en donde al tomar la muestra se acidificó con ácido sulfúrico para la preservación de la misma. Con un embudo líquido se transfirió la muestra a un embudo de decantación, se enjuago la botella con hexano y se agregó al embudo de decantación. Se agitó vigorosamente durante 2 min y se separaron en dos capas. Seguido se drenó las capas de emulsión y disolvente en un tubo de centrifuga de vidrio y se centrifugó, el material centrifugado se colocó en un embudo de decantación y mediante un papel filtro se escurrió la capa de solvente. A continuación se combinaron las capas acuosas y sólidas restantes en el embudo de decantación y se extrajo dos veces más con hexano, cada vez (Baird et al., 2017). Seguido se puso la muestra en un matraz y se colocó en una estufa aproximadamente

por 3 h hasta que se eliminó el residuo restante, se enfrió el matraz y finalmente se calculó la cantidad de aceites y grasas con la formula presentada en el Anexo 1 (Baird et al., 2017).

#### **Cromo total:**

Se utilizó el método de absorción atómica, se realizó una digestión de la muestra por su alto material orgánico, en donde se preparó soluciones estándar de trióxido de cromo, disolviendo 1.923 g en agua destilada acidificando con ácido nítrico puro (Baird et al., 2017).

Para el proceso de la digestión de la muestra se siguió el Método 3020A en donde las muestras se digirieron con ácido nítrico ultra puro. Para esto se mezcló bien la muestra y se transfirió un volumen a un matraz erlenmeyer. Se añadió ácido nítrico, perlas de ebullición, y se cubrió con un vidrio reloj y se dejó reposar por 30 min a temperatura ambiente. Seguido se calentó durante dos horas a 120 °C, y se añadió ácido nítrico observando que tome un color más claro. No se debe dejar secar la solución porque se puede perder ciertos metales. Se dejó enfriar y se lavó las paredes del erlenmeyer con agua destilada y se filtró. Esta solución filtrada se colocó en un balón volumétrico de 100 ml y se completó el volumen con agua destilada, se homogenizaron las soluciones y ya se analizaron GFAA (Baird et al., 2017).

Como la concentración del analito fue muy alta, se realizó un análisis de una dilución 1:5 que se encontró dentro de  $\pm 10\%$  de la determinación original. Para el procedimiento se usó el espectrofotómetro de absorción atómica, este equipo usa como gas de purga argón puro. Primero se realizó un secado de la muestra la cual se colocó en el tubo de grafito en el horno y se calentó alrededor de una temperatura de 80 a 180 °C, para que el solvente se evapore, seguido se procedió a calcinar la muestra en

donde se elevó la temperatura del horno para que gran parte de la cantidad de sólidos desaparezcan y se separen de la muestra. A continuación se atomizó la muestra elevando nuevamente la temperatura. Los átomos del metal se colocaron en el haz de radiación aumentando la temperatura del horno, provocando que la muestra se volatilice, se utilizó una longitud de onda de 357.9 nm. Se aplicó la fórmula que se encuentra en el Anexo 2 ((US Environmental Protection Agency ), 2007).

### **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)**

Se utilizó el método de volumetría, primero se realizó un pretratamiento de la muestra en donde se ajustaron dos parámetros como el pH entre 6.0 y 8.0 y la temperatura  $20 \pm 3$  °C utilizando una solución de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Baird et al., 2017).

Para el análisis de muestras se preparó agua de dilución en el cual se traspasó el volumen deseado a una botella de tamaño adecuado. Se agregó 1 ml de las siguientes soluciones: solución tampón, MgSO<sub>4</sub>, CaCl<sub>2</sub> y FeCl<sub>3</sub> por cada litro de muestra. Se añadió 0.5 ml del inóculo por cada litro de muestra. Seguido se saturó la muestra por burbujeo de aire filtrado durante 30 min y se estabilizó durante otros 30 min. Se agregó un inhibidor de nitrificación (Baird et al., 2017).

A continuación se trasvasó el agua de dilución a seis botellas de DBO<sub>5</sub> y se dejó estabilizar por aproximadamente 15 min. Se llenaron todas las botellas con suficiente agua de dilución, se mezcló la muestra girando la botella varias veces y se colocó la tapa. Mediante el método volumétrico se determinó el oxígeno disuelto inicial en los 3 envases y los otros 3 envases se incubaron por 5 días a 20 °C. También se determinó el oxígeno disuelto en el blanco, para esto se preparó un litro de agua de dilución se trasvasó a dos botellas de DBO<sub>5</sub> se determinó el oxígeno disuelto inicial del blanco e incubó por 5 días a 20 °C (Instituto Ecuatoriano de Normalización., 1985).

Se realizó una corrección del inóculo siguiendo los pasos que se presentan en el Anexo 3. Finalmente se determinó el oxígeno disuelto por volumetría después de 5 días de incubación en todas las muestras y el blanco (Instituto Ecuatoriano de Normalización., 1985).

#### **Demanda química de oxígeno (DQO):**

Se utilizó el método de espectrofotometría UV – VIS, se colocó la muestra en un viral Hach con el reactivo Hach, en otro viral Hach se colocó agua destilada con dicho reactivo. Se pusieron estos dos virales en un bloque digestor fijado a una temperatura de 150 °C y se dejó por 2 h para que se realice la digestión de la muestra (Baird et al., 2017).

Se dejó enfriar la muestra a temperatura ambiente y se colocó en el equipo Espectrofotómetro UV – VIS marca HACH modelo DR2800 a una longitud de onda de 420 nm. Previamente se midió la absorbancia del blanco, seguido se midió la absorbancia de la muestra. Para mayor información consulte en el Anexo 4 (Baird et al., 2017).

#### **Dureza total**

Se utilizó titulación EDTA, se realizó un pretratamiento de la muestra con ácido nítrico – ácido sulfúrico. Seguido se continuo con la titulación de la muestra se seleccionó un volumen adecuado. Se diluyó la muestra aproximadamente con agua destilada en un recipiente de porcelana, se agregó 1 ml de solución tampón para obtener un pH de 10 (Baird et al., 2017).

Utilizando la luz del día se agregó 1 gota de indicador y seguido se colocó lentamente EDTA con agitación continua, hasta que desapareció el color rojizo y se

convirtió en color azul. Para calcular la dureza se puede observar la fórmula colocada en el Anexo 5 (Baird et al., 2017).

#### **Oxígeno disuelto (O<sub>2</sub>):**

Se utilizó el método de volumetría, se colocó la muestra en un erlenmeyer y se valoró con una solución de Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.025M hasta obtener un color rojizo oscuro, se agregó unas gotas de solución de almidón y se continuó con la titulación hasta que desaparezca el color azul. En el Anexo 6 se puede observar la fórmula para obtener la concentración del oxígeno disuelto (Baird et al., 2017).

#### **Sólidos totales:**

Se siguió el método de gravimetría, para realizar dicho procedimiento primero se realizó una preparación del plato evaporador, dicha preparación se encuentra en el Anexo 7. Seguido se homogenizo la muestra y se transfirió a un plato de porcelana, se pipeteo el volumen medido de muestra, se evaporó a sequedad en la estufa por 1 hora alrededor de 103 – 105°C. Se pesó el plato de porcelana y se repitió este último paso hasta que se obtuvo un peso constante. En el Anexo 7 se puede observar la fórmula para calcular dicha concentración (Baird et al., 2017).

#### **Sulfatos (SO<sub>4</sub>):**

Se utilizó el método de espectrofotometría UV – VIS, primero se realizó la formación de turbidez de sulfato de bario, se colocó la muestra en un matraz Erlenmeyer de 250 ml, se añadió la solución tampón y se mezcló en un agitador, mientras la solución se mezclaba se agregó una cucharada de cristales de BaCl<sub>2</sub> y se cronometró un tiempo de 60 ± 2 seg. Seguido se vertió la solución en la celda de absorción del fotómetro y se midió la turbidez a 5 ± 0,5 min (Baird et al., 2017).

A continuación se realizó la curva de calibración, se estimó la concentración de  $\text{SO}_4^{2-}$  en la muestra comparando la lectura de turbidez con la curva antes mencionada. Se corrigió el color y turbidez de la muestra efectuando espacios en blanco los cuales no se añadió  $\text{BaCl}_2$ , para realizar dicha corrección se puede revisar el anexo 8 (Baird et al., 2017).

Como se utilizó la solución tampón A presentada en el Anexo 8, se determinó la concentración de  $\text{SO}_4^{2-}$  directamente desde la curva de calibración después se restó la absorbancia de la muestra antes de agregar  $\text{BaCl}_2$  (Baird et al., 2017).

### **Sulfuros (S):**

Se realizó por el método azul de metileno, en dónde se tomó una cantidad de muestra y se diluyó en agua tipo I. Seguido de esto se utilizó un espectrofotómetro UV – VIS. Se corrió en el equipo un blanco con agua destilada, seguido se colocó en una cubeta de cuarzo y seguido se agregó el reactivo de sulfuro y se colocó dentro del equipo. Leer los resultados (HACH Company., 2018). Para mayor información revisar el Anexo 9.

### **Tensoactivos:**

Se siguió el método de espectrofotometría UV-VIS, primero se realizó una curva de calibración utilizando cinco estándares de referencia. Para el análisis de muestras se seleccionó un volumen y se añadió unas gotas de  $\text{H}_2\text{O}_2$  al 30% para evitar la decoloración del azul de metileno por los sulfuros presentes en la misma (Baird et al., 2017).

Seguido se agregó la muestra a un embudo de decantación y se alcalinizó mediante la adición de  $\text{NaOH}$  1N gota por gota, utilizando un indicador de fenolftaleína y se descargó el color rosado añadiendo  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1N (Baird et al., 2017).

A continuación se agregó  $\text{CHCl}_3$  y reactivo de azul de metileno, se agitó el embudo vigorosamente durante 30 seg y se esperó hasta que se separen las fases. Se prosiguió a colocar una barra de agitación magnética en el embudo de decantación y para romper las emulsiones persistentes se agregó alcohol isopropílico. Se extrajo la capa de  $\text{CHCl}_3$  en un segundo embudo de decantación, y se enjuago el primer embudo con la misma sustancia durante 3 veces (Baird et al., 2017).

Se mezcló todos los extractos de  $\text{CHCl}_3$  en el segundo embudo de decantación y se añadió solución de lavado y se agitó durante 30 seg, se dejó reposar y se separó la capa de  $\text{CHCl}_3$  mediante un tapón de lana de vidrio en un matraz aforado de 100 ml, el filtrado fue incoloro. Se enjuagó la lana de vidrio y el embudo con  $\text{CHCl}_3$  y se recogió los lavados en un matraz aforado y se diluyó con  $\text{CHCl}_3$ , finalmente se mezcló bien (Baird et al., 2017).

Se colocó la muestra en un equipo de Espectrofotómetro UV – VIS y se determinó la absorbancia a una longitud de onda de 652nm frente a un blanco de  $\text{CHCl}_3$ , para obtener la concentración de tensoactivos revise el Anexo 10 (Baird et al., 2017).

### **3.4 Análisis estadístico**

Mediante el programa Minitab® se realizó el diseño experimental utilizando 3 factores para la debida toma de muestras, estos son: 2 horas al día (9 de la mañana y 12 de la tarde), 3 puntos diferentes (encontrados aproximadamente a 100 m entre puntos 1, 2 y 3) y 3 días a la semana (sábado, martes y miércoles), es decir, el diseño factorial es  $2 \times 3 \times 3$  y se siguió un orden aleatorio. En la Tabla 4 se puede observar el orden, los factores y los diferentes parámetros a analizar.





## Capítulo IV

### 4. Resultados

Para este proyecto de investigación se recolectaron muestras de agua de una acequia, la misma que era descargada de una industria de curtido de cueros. Se analizaron varios parámetros realizados en el Centro de Investigación y Control Ambiental (CICAM) de la Escuela Politécnica Nacional el cual se encuentra certificado por la norma ISO 17025.

Las concentraciones establecidas por el Ministerio del Ambiente del Ecuador se encuentran en la Tabla 5 (Ministerio del Ambiente del Ecuador., 2015), esto permitirá comparar con los valores obtenidos en los análisis realizados y de tal manera identificar que parámetros no se encuentran dentro de los límites.

**Tabla 5**

*Límites establecidos por el ministerio del ambiente*

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
<b>Aceites y grasas</b>	mg/L	30.0
<b>Cromo total</b>	mg/L	0.032
<b>Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)</b>	mg/L	100.0
<b>Demanda química de oxígeno (DQO)</b>	mg/L	200.0
<b>Dureza</b>	mg/L	500.0
<b>Oxígeno disuelto (O<sub>2</sub>)</b>	mg/L	> 80
<b>Sólidos totales</b>	mg/L	1600

<b>Sulfatos (SO<sub>4</sub>)</b>	mg/L	1000
<b>Sulfuros (S)</b>	mg/L	0.5
<b>Tensoactivos</b>	mg/L	0.5
<b>Temperatura</b>	°C	Condición natural ±3
<b>Potencial de hidrógeno (pH)</b>		6.0 – 9.0

*Nota.* (Ministerio del Ambiente del Ecuador., 2015)

Para el análisis de varianza y las diferentes gráficas establecidas se utilizó el programa Minitab®. En la Tabla 6 se pueden observar los resultados para los parámetros analizados en el laboratorio CICAM.

Tabla 6

Resultados obtenidos de las concentraciones de cada parámetro

N° muestra	OrdenC orrida	Ho ra	Pu nto	Día	Aceites y grasas	Cromo total	DBO <sub>5</sub>	DQO	Dureza total	OD	Sólidos totales	Sulfatos	Sulfuros	Tensoactivo s	Caudal	Temperatur a	pH
					mg /L	mg /L	mg /L	mg /L	mg /L	mg/ L	mg /L	mg /L	mg /L	L/ s	°C		
1	1	9 am	P1	Martes	2.5	2.1 5	99 1	3,3 10	93 1	0	9,7 18	1,0 50	18 5	5.1	2. 02	17 .7	1 1
8	2	9 am	P3	Miércoles	2.5	2.2 7	1,0 21	3,7 30	98 0	0	10, 048	1,1 50	17 5	4.8	4. 65	18 .2	1 1
15	3	12 pm	P2	Sábado	2.5	2.8 9	88 2	3,0 20	73 3	0	8,0 46	1,0 20	16 5	7.6	2. 49	19 .2	1 1
16	4	12 pm	P3	Martes	2.5	1.9 5	92 2	3,4 10	1,0 20	0	10, 010	1,0 25	19 0	6.1	3. 69	18 .1	1 1
9	5	9 am	P3	Sábado	2.5	2.6 7	68 9	3,0 50	75 2	0	7,8 16	1,0 40	19 0	6.1	2. 11	17 .8	1 1
12	6	12 pm	P1	Sábado	2.5	2.8 3	95 7	2,9 80	76 2	0	8,0 00	1,0 00	17 3	7.1	2. 75	18 .5	1 1
6	7	9 am	P2	Sábado	2.5	3.2 4	73 3	2,8 80	75 2	0	7,7 82	1,0 40	17 6	6.4	2. 48	17 .5	1 1
2	8	9 am	P1	Miércoles	2.5	1.7 2	1,0 00	3,2 70	92 1	0	10, 016	1,1 75	19 0	6.1	3. 11	19 .7	1 1
11	9	12 pm	P1	Miércoles	2.5	2.2 8	1,4 94	3,6 80	1,0 00	0	9,6 54	1,1 00	18 2	4.3	3. 38	20 .3	1 1
14	10	12 pm	P2	Miércoles	2.5	2.4 1	1,2 30	3,4 90	96 0	0	9,6 10	1,1 25	19 0	12. 1	4. 34	19 .9	1 1
10	11	12 pm	P1	Martes	2.5	2.0 2	1,2 52	3,3 80	97 0	0	9,9 80	1,0 50	20 0	4.6	2. 97	19 .4	1 1
18	12	12 pm	P3	Sábado	2.5	3.1 4	69 3	3,3 00	74 3	0	8,0 90	96 0	18 6	7.4	1. 03	19 .1	1 1
5	13	9 am	P2	Miércoles	2.5	2.1 1	1,1 42	3,2 80	94 1	0	10, 082	1,1 25	18 4	7.7	3. 72	18 .2	1 1
17	14	12 pm	P3	Miércoles	2.5	2.1 3	1,2 93	3,5 20	1,0 20	0	9,5 52	1,1 25	19 7	6.2	4. 89	20 .8	1 1
4	15	9 am	P2	Martes	2.5	2.3 4	1,0 15	3,3 50	1,0 20	0	9,7 48	95 0	17 0	5.8	3. 37	16 .8	1 1
3	16	9 am	P1	Sábado	2.5	3.3 1	85 1	3,0 10	73 3	0	7,6 92	1,0 20	17 6	8.5	2. 21	19 .0	1 1

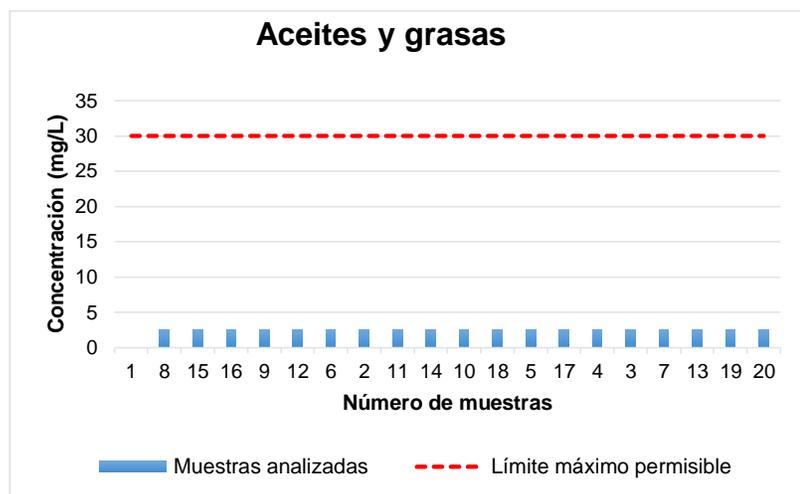
N° muestra	OrdenC orrída	Ho ra	Pu nto	Día	Aceites y grasas	Cromo total	DBO <sub>5</sub>	DQO	Dureza total	OD	Sólidos totales	Sulfatos	Sulfuros	Tensoactivo s	Caudal	Temperatur a	pH
					mg /L	mg /L	mg /L	mg /L	mg /L	mg/ L	mg /L	mg /L	mg /L	L/ s	°C		
7	17	9 am	P3	Marte s	2.5	2.1	1,0	3,3	1,0	0	9,7	1,0	19	5.0	1.	17	1
						2	81	50	10		40	25	2		73	.1	1
13	18	12 pm	P2	Marte s	2.5	2.1	95	3,2	1,0	0	10,	1,0	16	7.1	4.	18	1
						1	0	30	00		030	75	0		18	.1	1
19	19	9 am	P1	Marte s	2.5	2.0	1,2	3,2	1,0	0	9,7	95	20	5.2	2.	17	1
						1	19	40	10		56	0	0		16	.6	1
20	20	12 pm	P3	Miérc oles	2.5	2.1	1,1	3,5	98	0	9,6	1,1	19	5.8	5.	20	1
						1	51	20	0		08	00	5		04	.3	1

#### 4.1 Aceites y grasas

No se puede realizar un análisis estadístico debido a que los resultados encontrados fueron los mismos y por lo tanto no existe variabilidad en los datos. Según los “Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce” (Ministerio del Ambiente del Ecuador., 2015), de las 20 muestras analizadas todas se encuentran dentro de la concentración establecida siendo está 30 mg/L, lo cual se puede verificar en la Figura 3. En la tabla 6 se encuentran los respectivos resultados.

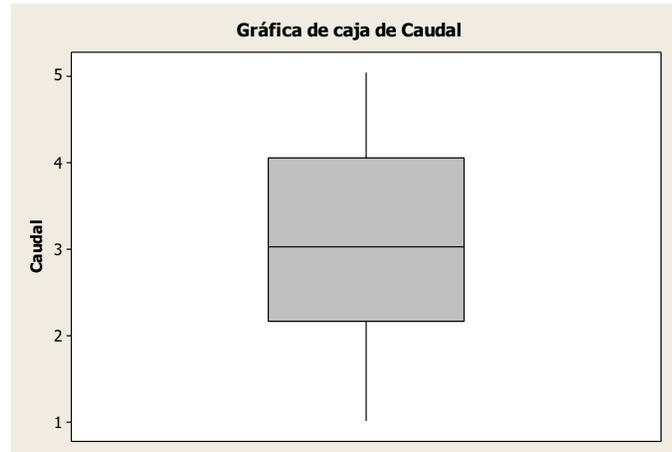
**Figura 3**

Diagrama de bloques comparando la concentración de muestras analizadas con el límite máximo permisible.



#### 4.2 Caudal

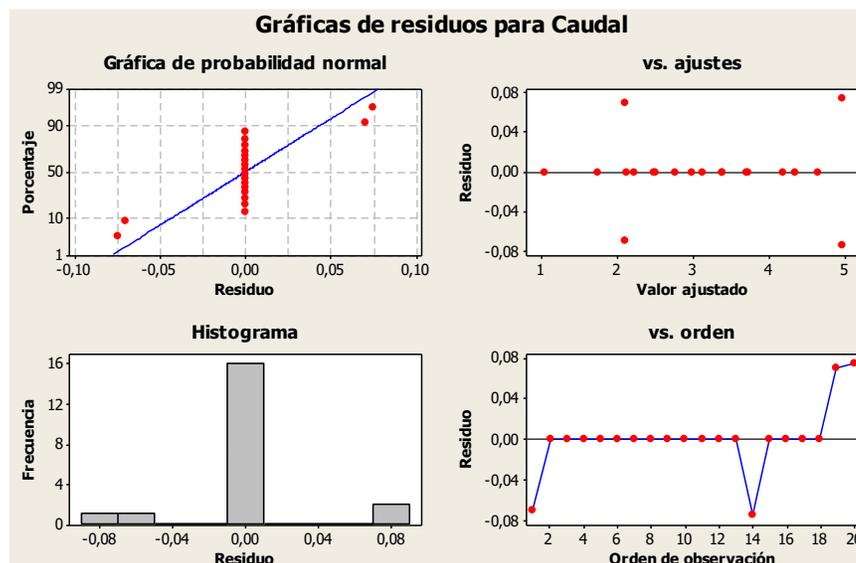
Para este parámetro se analizaron 20 muestras. Se obtuvieron varios datos mediante el programa Minitab® encontrando para el caudal una media de 3.116 L/s, una varianza de 1.254 L/s, una desviación estándar de 1.120 L/s, una mediana de 3.040 L/s, un coeficiente de variación de 35.94 L/s; cuenta con un valor máximo de 5.040 L/s y un valor mínimo de 1.030 L/s, los cuartiles 1 y 3 poseen valores de 2.173 L/s y 4.065 L/s respectivamente. En la Figura 4 se puede observar tal información.

**Figura 4***Gráfica de caja del caudal*

En la Figura 5 analizando la gráfica 4 en 1, tomando en cuenta la gráfica de probabilidad normal los datos no se ajustan a la recta normal según los residuales, en la gráfica de la constancia de la varianza se observa que los datos tienen un ajuste mínimo para que la varianza sea constante y en la gráfica de independencia de los datos se observa que los mismos tienen un ajuste aceptable.

Figura 5

Gráficas de residuos para el caudal



En la Tabla 7 se observa que se rechazan las hipótesis nulas para los factores Hora, Punto, Día y las interacciones Hora\*Día, Punto\*Día y Hora\*Punto\*Día en donde se obtiene un valor menor de  $\alpha=0.05$  (con un nivel de confianza del 95%) siendo estos 0.009, 0.014, 0.002, 0.012, 0.010 y 0.036 respectivamente, mientras que no se rechaza la hipótesis nula para la interacción doble Hora\*Punto, obteniendo un valor de p mayor a 0.05. Por consiguiente se concluye que para el caudal son fuentes de variabilidad los factores: Hora, Punto, Día y las interacciones (Hora\*Día, Punto\*Día y Hora\*Punto\*Día).

Tabla 7

DATOS DEL ANOVA PARA EL CAUDAL

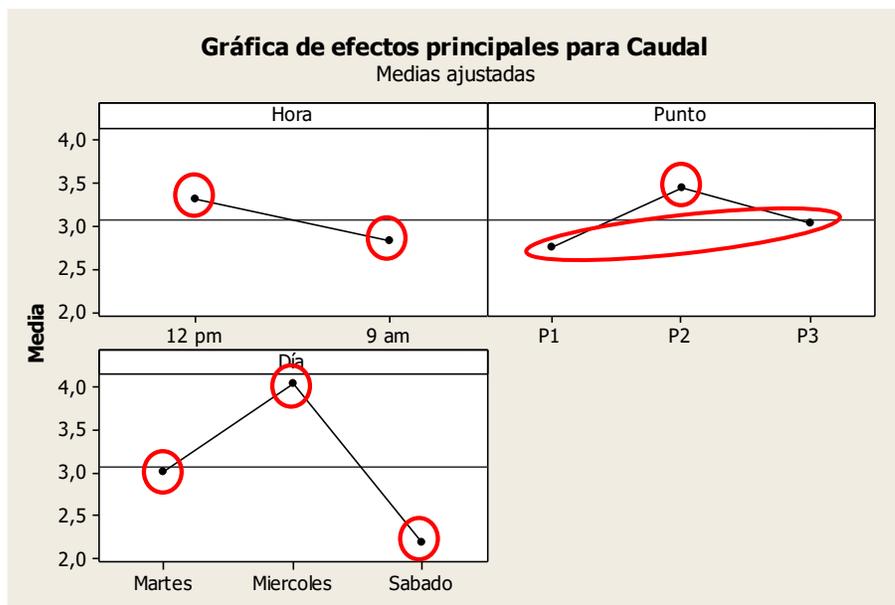
Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Hora	1	2.5920	1.1003	1.1003	104.54	0.009
Punto	2	1.9025	1.4499	0.7249	68.88	0.014
Día	2	12.2716	10.7863	5.3932	512.41	0.002

<b>Hora*Punto</b>	2	0.0180	0.0223	0.0111	1.06	0.486
<b>Hora*Día</b>	2	1.5139	1.5431	0.7715	73.31	0.013
<b>Punto*Día</b>	4	4.3753	4.3560	1.0890	103.47	0.010
<b>Hora*Punto*Día</b>	4	1.1385	1.1385	0.2846	27.04	0.036
<b>Error</b>	2	0.0211	0.0211	0.0105		
<b>Total</b>	19	23.8329	0.0211			

Observando la Figura 6 los valores de la media para el caudal en el factor Hora es significativamente diferente tanto para las 9 am y las 12 pm obteniendo una media mayor para las 12 pm, los valores de la media para el caudal en el factor Punto, en los puntos 1 y 3 es la misma y para el punto 2 es diferente siendo esta mayor, por último la media para el caudal en el factor Día es diferente, en donde para el día miércoles se obtiene un valor superior y para el día sábado un valor inferior; según el análisis de rangos múltiples presentados en la Tabla 8. Finalmente en la Figura 7 se verifica que las interacciones dobles son fuente de variabilidad tomando como excepción la interacción Hora\*Punto y por lo tanto no se presenta diferencias entre dicho factor. En la Tabla 6 se encuentran los resultados obtenidos para el caudal.

**Figura 6**

Gráficas de la media tomando en cuenta los diferentes factores

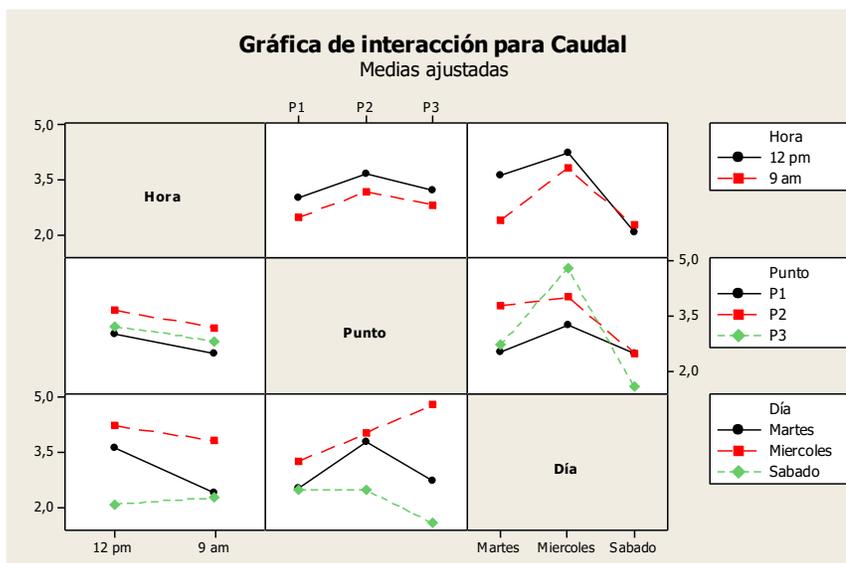
**Tabla 8**

Datos de la media con respecto a la hora, al punto y al día utilizando el método Tukey

		N	Media	Agrupación
Hora	12 pm	10	3.311	A
	9 am	10	2.830	B
Punto	P2	6	3.430	A
	P3	7	3.029	B
	P1	7	2.752	B
Día	Miércoles	7	4.027	A
	Martes	7	3.005	B
	Sábado	6	2.178	C

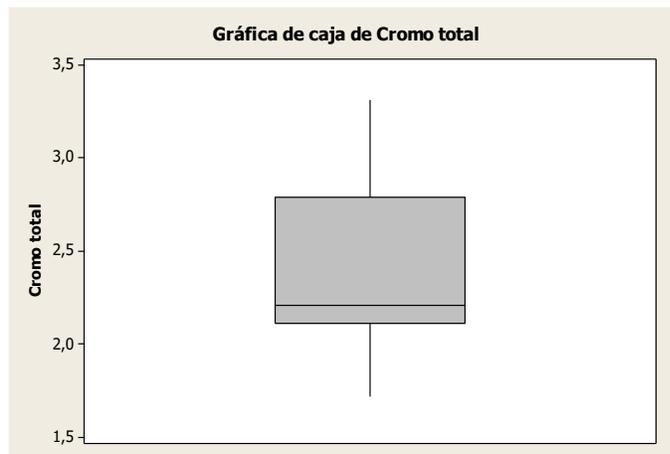
Figura 7

Gráfica de interacciones dobles para el caudal



#### 4.3 Cromo total

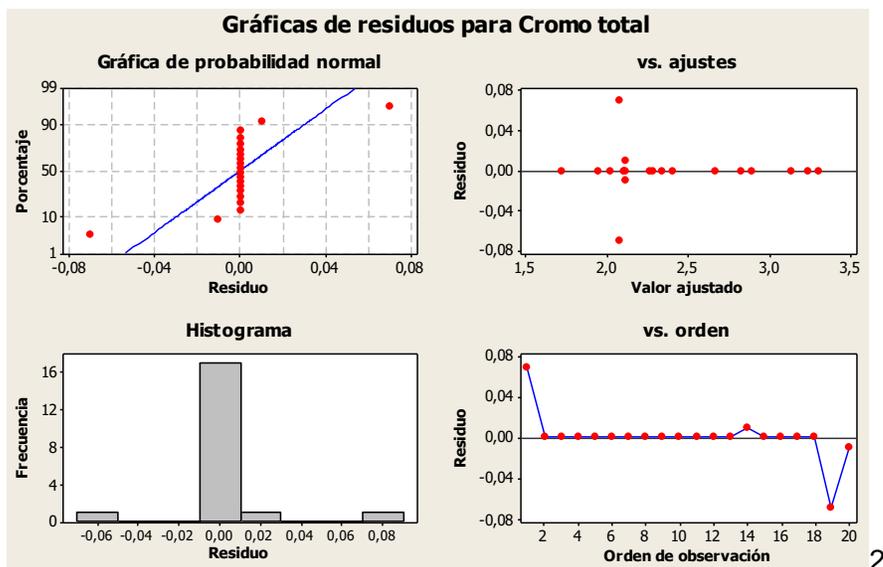
Para este parámetro se analizaron 20 muestras. Se obtuvieron varios datos mediante el programa Minitab® encontrando para la concentración de cromo total una media de 2.391 mg/L, una varianza de 0.213 mg/L, una desviación estándar de 0.461 mg/L, una mediana de 2.210 mg/L, un coeficiente de variación de 19.29 mg/L; cuenta con un valor máximo de 3.310 mg/L y un valor mínimo de 1.720 mg/L, los cuartiles 1 y 3 poseen valores de 2.110 mg/L y 3.310 mg/L respectivamente. En la Figura 8 se puede observar tal información.

**Figura 8***Gráfica de caja del cromó total*

En la Figura 9 analizando la gráfica 4 en 1, tomando en cuenta la gráfica de probabilidad normal los datos no se ajustan a la recta normal según los residuales, en la gráfica de la constancia de la varianza se observa que los datos tienen un ajuste mínimo para que la varianza sea constante y en la gráfica de independencia de los datos se observa que los mismos tienen un ajuste aceptable.

**Figura 9**

Gráficas de residuos para el cromo total



En la tabla 9 se observa que se rechazan las hipótesis nulas para el factor Día y la interacción triple Hora\*Punto\*Día en donde se obtiene un valor menor de  $\alpha=0.05$  (con un nivel de confianza del 95%) siendo estos 0.003 y 0.047 respectivamente, mientras que no se rechazan las hipótesis nulas para los siguientes factores como son hora, punto y las interacciones dobles Hora\*Punto, Hora\*Día y Punto\*Día obteniendo valores de p mayores a 0.05. Por consiguiente se concluye que para las concentraciones de cromo total son fuentes de variabilidad el factor Día y la interacción triple (Hora\*Punto\*Día).

**Tabla 9**

Datos del anova para el cromo total

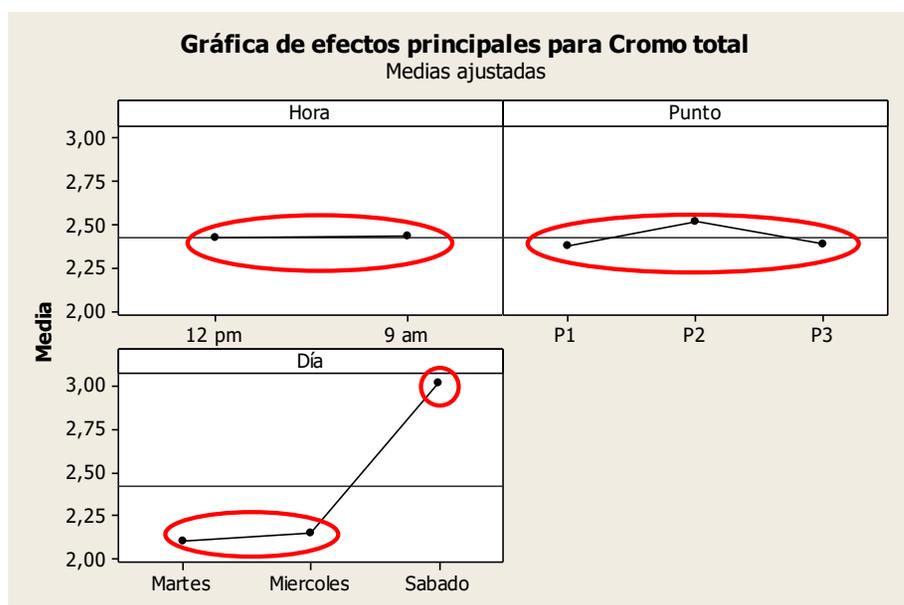
Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Hora	1	0.00024	0.00071	0.00071	0.14	0.742
Punto	2	0.13687	0.08168	0.04084	8.17	0.109

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

Observando la Figura 10 los valores de la media para la concentración de cromo total en los factores Hora y Punto es la misma y la media para la concentración de cromo total para el factor Día es diferente para el día sábado siendo esta mayor y para los días martes y miércoles la media es la misma, según el análisis de rangos múltiples presentado en la Tabla 10. Por último en la figura 11 se verifica que las interacciones dobles no son fuente de variabilidad y por lo tanto no se presenta diferencias entre dichos factores.

### Figura 10

Gráficas de la media tomando en cuenta los diferentes factores



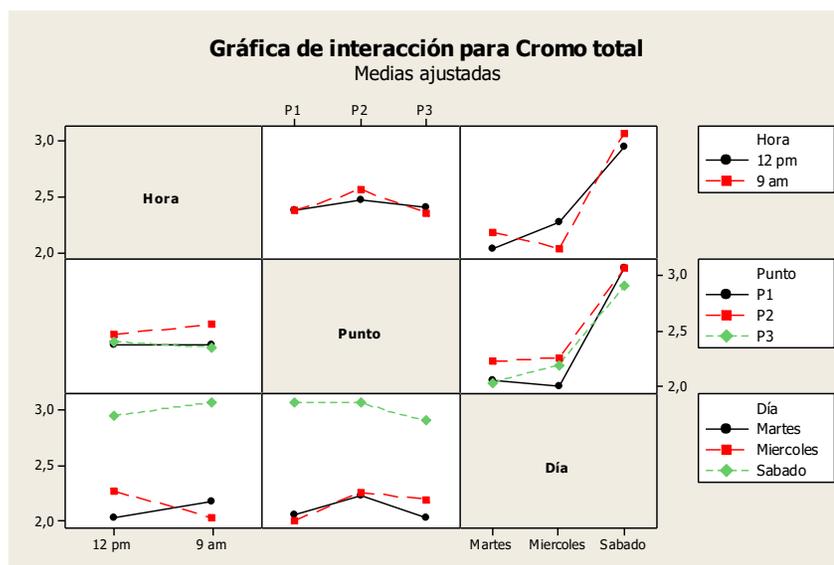
**Tabla 10**

Datos de la media con respecto a la hora, al punto y al día utilizando el método Tukey

		N	Media	Agrupación
Hora	12 pm	10	19.24	A
	9 am	10	17.99	A
Punto	P1	7	19.09	A
	P3	7	18.48	A
	P2	6	18.28	A
Día	Sábado	6	3.013	A
	Miércoles	7	2.152	B
	Martes	7	2.103	B

**Figura 11**

Gráfica de interacciones dobles para el cromo total

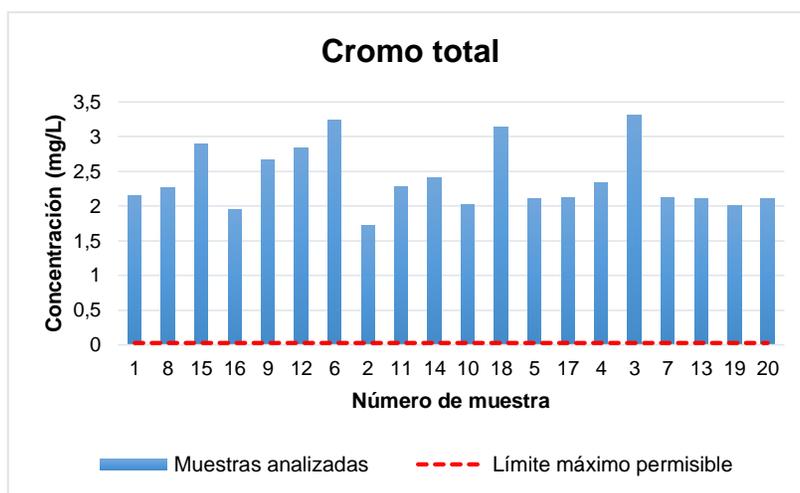


Comparando los resultados obtenidos en las muestras de agua se puede concluir que todas sobrepasan el límite establecido por los “Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios” (Ministerio del Ambiente del Ecuador., 2015), en donde el límite

permitido es hasta 0.032 mg/L, lo cual se puede verificar en la Figura 12. En la Tabla 6 se encuentran con color gris los resultados que no se encuentran dentro del límite.

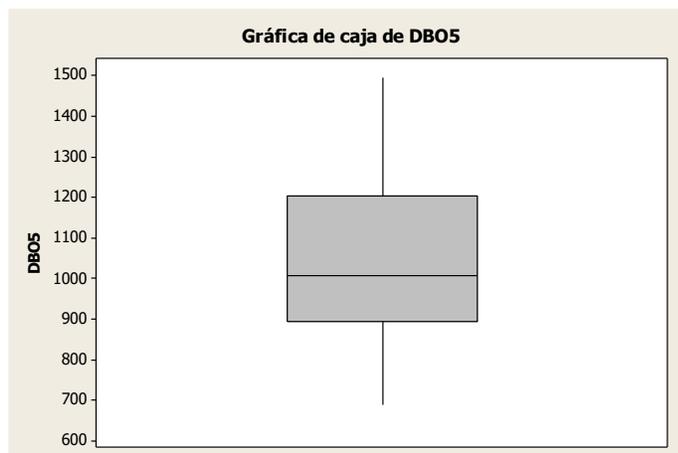
### Figura 12

Diagrama de bloques comparando la concentración de muestras analizadas con el límite máximo permisible.

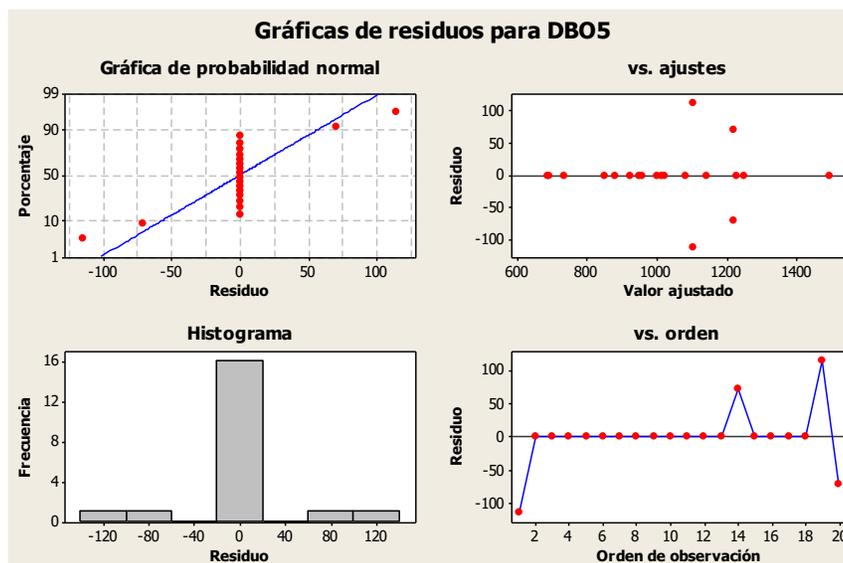


#### 4.4 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)

Para dicho parámetro se analizaron 20 muestras, se obtuvieron varios datos mediante el programa Minitab® encontrando para la concentración de DBO<sub>5</sub> una media de 1028.3 mg/L, una varianza de 44,069.6 mg/L, una desviación estándar de 209.9 mg/L, una mediana de 1,007.5 mg/L, un coeficiente de variación de 20.42 mg/L; cuenta con un valor máximo de 1,494.0 mg/L y un valor mínimo de 1,007.5 mg/L, los cuartiles 1 y 3 poseen valores de 892.0 mg/L y 1,202.0 mg/L respectivamente. En la Figura 13 se puede observar tal información.

**Figura 13***Gráfica de caja del DBO<sub>5</sub>*

En la Figura 14 analizando la gráfica 4 en 1, tomando en cuenta la gráfica de probabilidad normal los datos no se ajustan a la recta normal según los residuales, en la gráfica de la constancia de la varianza se observa que los datos tienen un ajuste mínimo para que la varianza sea constante y en la gráfica de independencia de los datos se observa que los mismos tienen un ajuste aceptable.

**Figura 14**Gráficas de residuos para el DBO<sub>5</sub>

En la Tabla 11 se observa que no se rechazan las hipótesis nulas para todos los factores (Hora, Punto, Día) y para las interacciones (Hora\*Punto, Hora\*Día, Punto\*Día y Hora\*Punto\*Día) obteniendo valores mayores de  $\alpha=0.05$  (con un nivel de confianza del 95%). Por lo tanto se concluye que la concentración de DBO<sub>5</sub> para cada muestra obtenida no son fuentes de variabilidad con respecto a los factores analizados.

**Tabla 11**Datos del anova para el DBO<sub>5</sub>

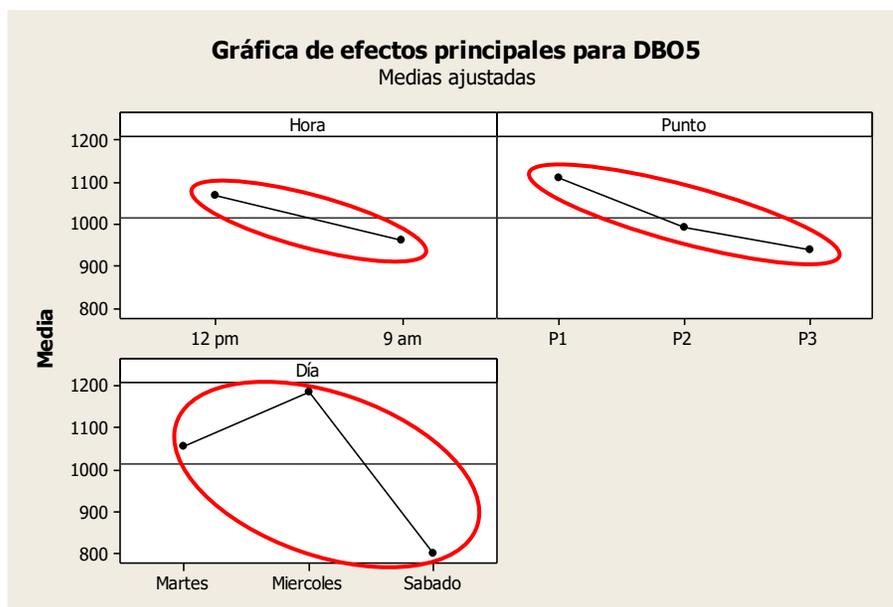
Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Hora	1	58,536	54,778	54,778	3.04	0.224
Punto	2	87,011	100,824	50,412	2.79	0.264
Día	2	50,1002	473,677	236,839	13.13	0.071
Hora*Punto	2	36,915	50,433	25,216	1.4	0.417
Hora*Día	2	74,372	68,246	34,123	1.89	0.346
Punto*Día	4	15,651	15,866	3,966	0.22	0.907

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
<b>Hora*Punto*Día</b>	4	27,761	27,761	6,940	0.38	0.811
<b>Error</b>	2	36,074	36,074	18,037		
<b>Total</b>	19	837,322				

Observando la Figura 15 la media para la concentración de  $DBO_5$  en los factores hora, punto y día es la misma según el análisis de rangos múltiples presentado en la Tabla 12. Por último en la Figura 16 se verifica que las interacciones dobles no son fuente de variabilidad y por lo tanto no se presenta diferencias entre dichos factores.

### Figura 15

Gráficas de la media tomando en cuenta los diferentes factores



**Tabla 12**

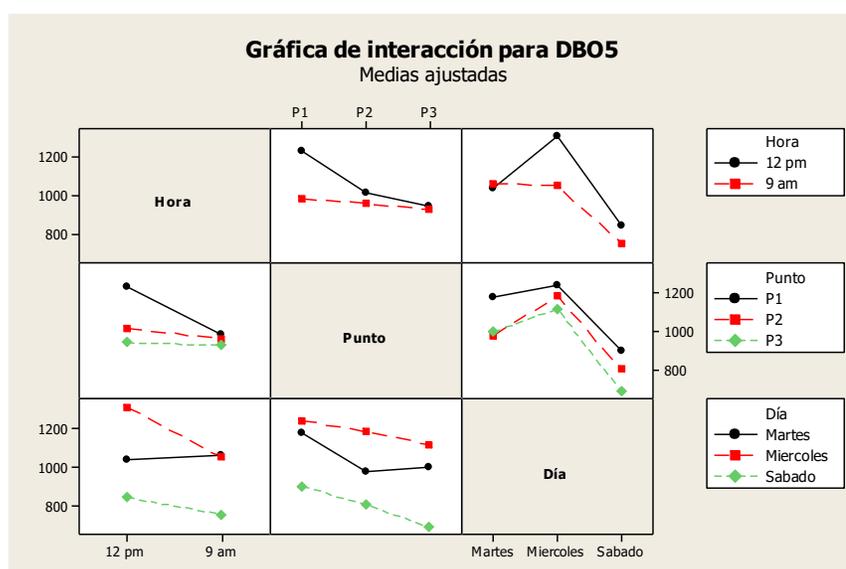
Datos de la media con respecto a la hora, el punto y el día utilizando el método Tukey

		N	Media	Agrupación
<b>Hora</b>	<b>12 pm</b>	10	1,066.9	A

	<b>9 am</b>	10	959.7	A
<b>Punto</b>	<b>P2</b>	6	1,109.8	A
	<b>P3</b>	7	992.0	A
	<b>P1</b>	7	938.0	A
<b>Día</b>	<b>Sábado</b>	6	1,184.8	A
	<b>Miércoles</b>	7	1,054.2	A
	<b>Martes</b>	7	800.8	A

**Figura 16**

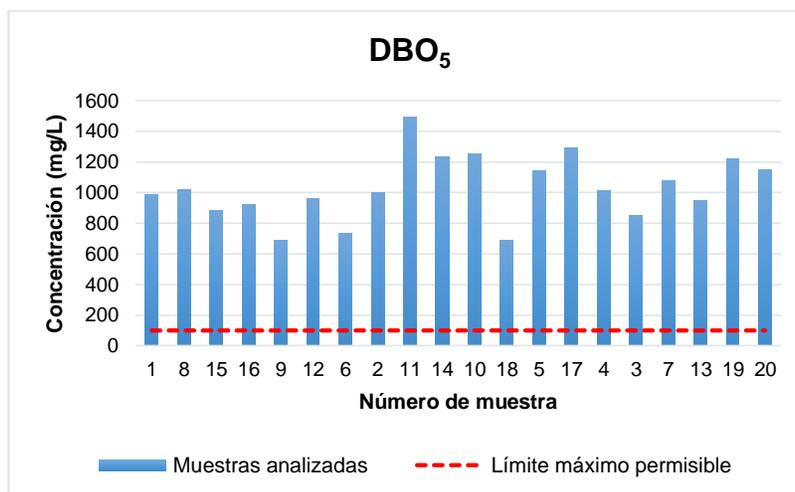
*Gráfica de interacciones dobles para el DBO<sub>5</sub>*



Comparando los resultados obtenidos en las muestras de agua se puede concluir que todas sobrepasan el límite establecido por los “Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce” (Ministerio del Ambiente del Ecuador., 2015), en donde el límite permitido es hasta 100.0 mg/L, lo cual se puede verificar en la Figura 17. En la Tabla 6 se encuentran con color gris los resultados que no se encuentran dentro del límite.

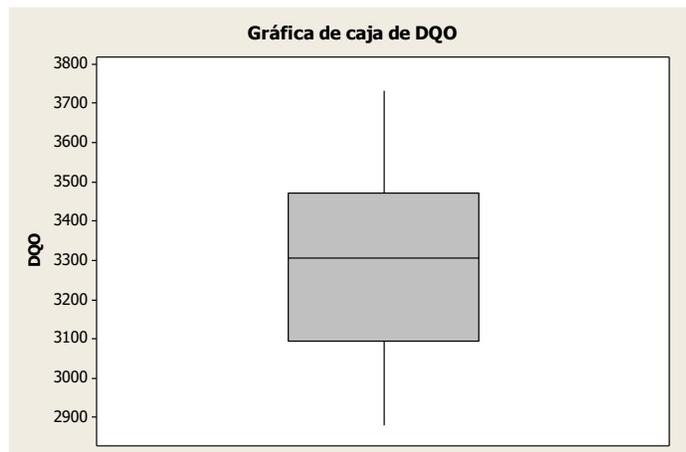
**Figura 17**

Diagrama de bloques comparando la concentración de muestras analizadas con el límite máximo permisible



#### 4.5 Demanda química de oxígeno (DQO)

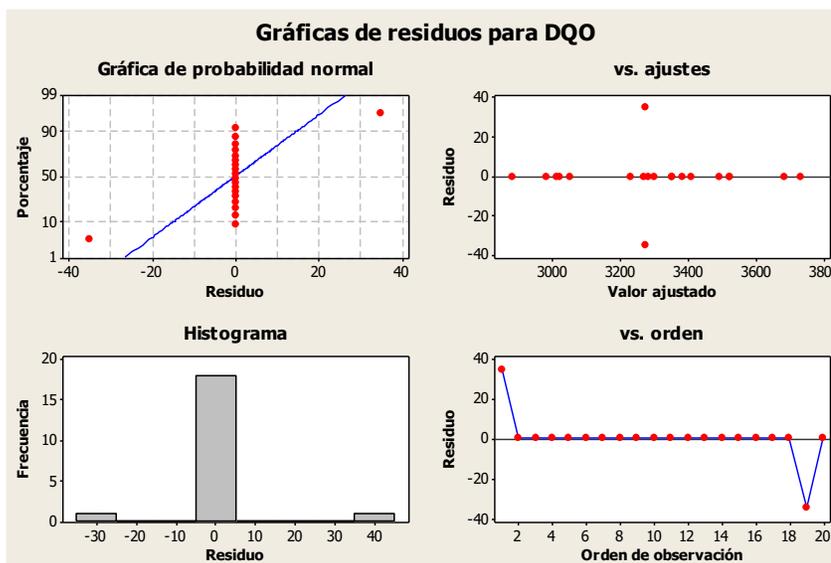
Para este parámetro se analizaron 20 muestras, se obtuvieron varios datos mediante el programa Minitab® encontrando para la concentración de DQO una media de 3,300.0 mg/L, una varianza de 52,600.0 mg/L, una desviación estándar de 229.3 mg/L, una mediana de 3,305.0 mg/L, un coeficiente de variación de 6.95 mg/L; cuenta con un valor máximo de 3,730.0 mg/L y un valor mínimo de 3,305.0 mg/L, los cuartiles 1 y 3 poseen valores de 3,095.0 mg/L y 3,470.0 mg/L respectivamente. En la Figura 18 se puede observar tal información.

**Figura 18***Gráfica de caja del DQO*

En la Figura 19 analizando la gráfica 4 en 1, tomando en cuenta la gráfica de probabilidad normal los datos no se ajustan a la recta normal según los residuales, en la gráfica de la constancia de la varianza se observa que los datos tienen un ajuste mínimo para que la varianza sea constante y en la gráfica de independencia de los datos se observa que los mismos tienen un ajuste aceptable.

**Figura 19**

Gráficas de residuos para el DQO



En la Tabla 13 se observa que se rechazan las hipótesis nulas para los factores Hora, Punto, Día y la interacción triple Hora\*Punto\*Día en donde se obtiene un valor menor de  $\alpha=0.05$  (con un nivel de confianza del 95%) siendo estos 0.030, 0.021, 0.004 y 0.036 respectivamente, mientras que no se rechazan las hipótesis nulas para las interacciones dobles Hora\*Punto, Hora\*Día y Punto\*Día obteniendo valores de p mayores a 0.05. Por consiguiente se concluye que para las concentraciones de DQO son fuentes de variabilidad los factores Hora, Día y Punto y la interacción triple (Hora\*Punto\*Día).

**Tabla 13**

Datos del anova para el DQO

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Hora	1	56,180	39,072	39,072	31.90	0.030

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Punto	2	131,242	113,689	56,844	46.40	0.021
Día	2	63,4551	113,689	330,571	269.85	0.004
Hora*Punto	2	16,762	13,921	6,961	5.68	0.150
Hora*Día	2	11,554	14,118	7,059	5.76	0.148
Punto*Día	4	13,442	16,682	4,170	3.40	0.240
Hora*Punto*Día	4	133,217	133,217	33,304	27.19	0.036
Error	2	2,450	2,450	1,225		
Total	19	999,400				

Observando la Figura 20 los valores de la media para la concentración de DQO en el factor Hora es significativamente diferente tanto para las 9 am como para las 12 pm, la media para la concentración de DQO en el factor Punto,  $P_1$  y  $P_2$  es la misma mientras que para  $P_3$  es diferente y superior, por último el valor de la media para la concentración de DQO para el factor Día es diferente, en donde para el día miércoles se obtiene un valor superior y para el día sábado un valor inferior, según el análisis de rangos múltiples presentados en la Tabla 14. Por último en la Figura 21 se verifica que las interacciones dobles no son fuente de variabilidad y por lo tanto no se presenta diferencias entre dichos factores.

Figura 20

Gráficas de la media tomando en cuenta los diferentes factores

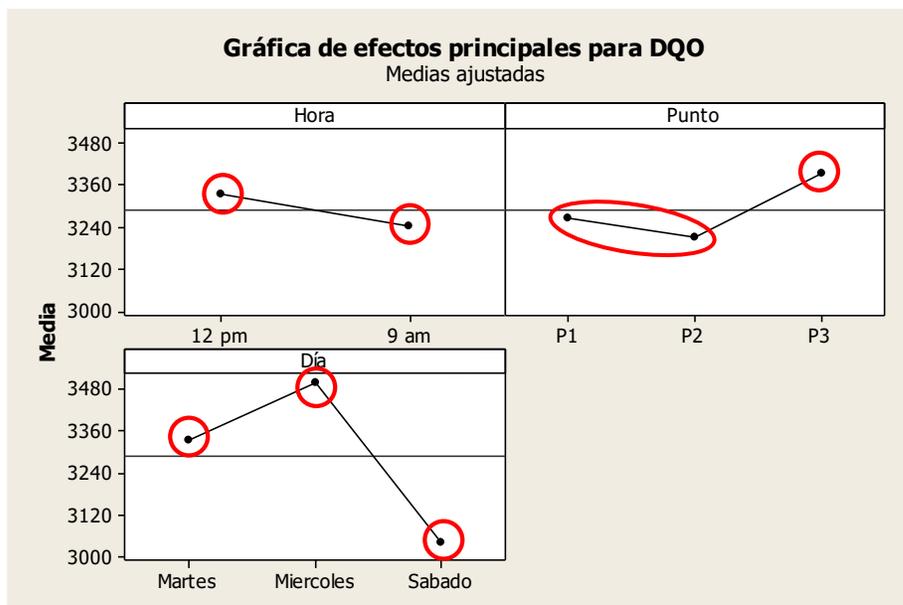


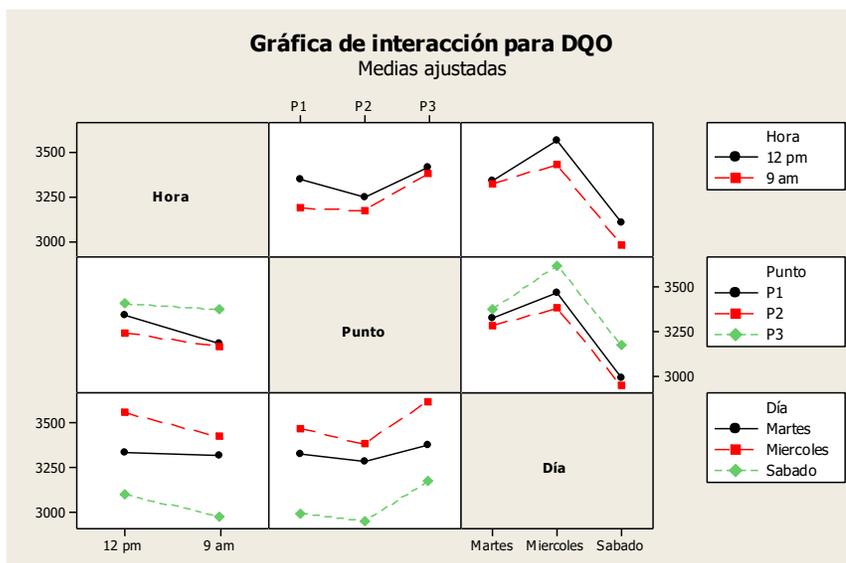
Tabla 14

Datos de la media con respecto a la hora, el punto y el día utilizando el método Tukey

		N	Media	Agrupación
Hora	12 pm	10	3,334	A
	9 am	10	3,244	B
Punto	P3	7	3,393	A
	P1	7	3,266	B
	P2	6	3,208	B
Día	Miércoles	7	3,495	A
	Martes	7	3,333	B
	Sábado	6	3,040	C

Figura 21

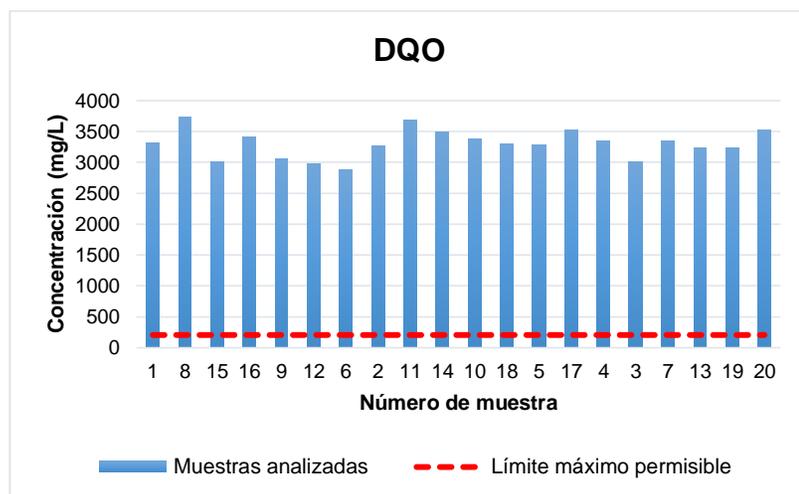
Gráfica de interacciones dobles para el DQO



Comparando los resultados obtenidos en las muestras de agua se puede concluir que todas sobrepasan el límite establecido por los “Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce” (Ministerio del Ambiente del Ecuador., 2015) el mismo que es 200.0 mg/L, lo cual se puede verificar en la Figura 22 . En la Tabla 6 se encuentran con color gris los resultados que no se encuentran dentro del límite.

**Figura 22**

Diagrama de bloques comparando la concentración de muestras analizadas con el límite máximo permisible

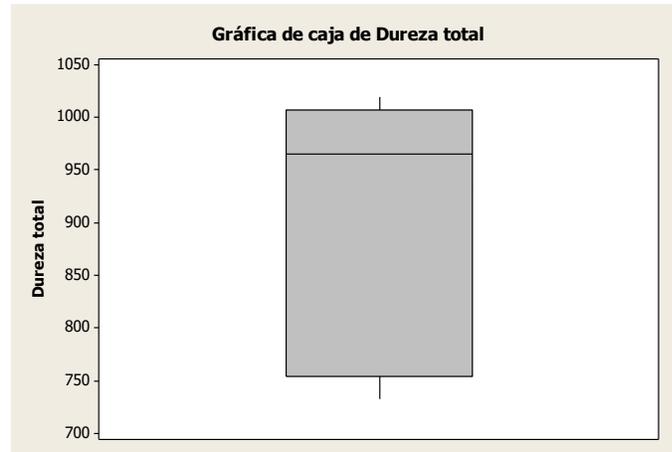


#### 4.6 Dureza total

Para este parámetro se analizaron 20 muestras, se obtuvieron varios datos mediante el programa Minitab® encontrando para la concentración de dureza total una media de 911.9 mg/L, una varianza de 13,275.3 mg/L, una desviación estándar de 115.2 mg/L, una mediana de 965,0 mg/L, un coeficiente de variación de 12.63 mg/L; cuenta con un valor máximo de 1,020.0 y un valor mínimo de 733.0 mg/L, los cuartiles 1 y 3 poseen valores de 754.5 mg/L y 1,007.5 mg/L respectivamente. En la Figura 23 se puede observar tal información.

**Figura 23**

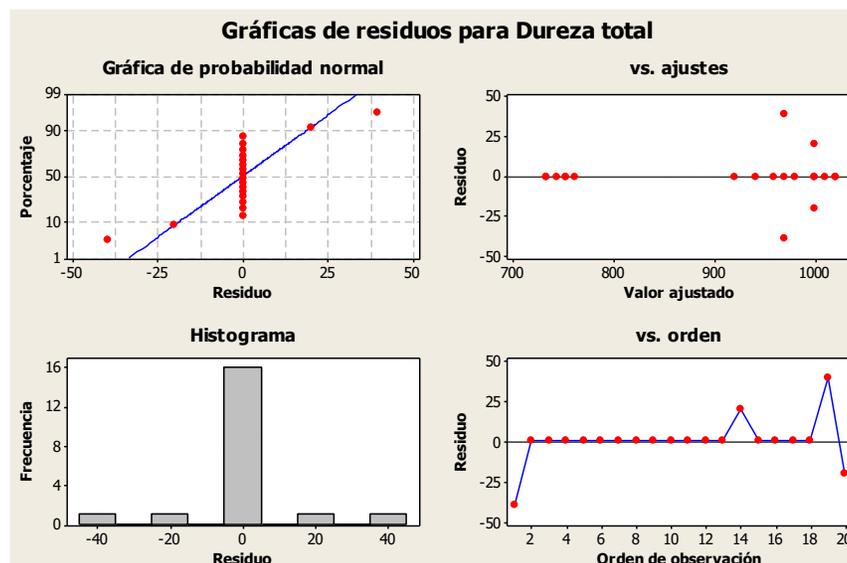
*Gráfica de caja de la dureza total*



En la Figura 24 analizando la gráfica 4 en 1, tomando en cuenta la gráfica de probabilidad normal los datos no se ajustan a la recta normal según los residuales, en la gráfica de la constancia de la varianza se observa que los datos tienen un ajuste mínimo para que la varianza sea constante y en la gráfica de independencia de los datos se observa que los mismos tienen un ajuste aceptable.

**Figura 24**

Gráficas de residuos para la dureza total



En la Tabla 15 se observa que se rechaza la hipótesis nula para el factor día en donde se obtiene un valor menor de  $\alpha=0.05$  (con un nivel de confianza del 95%) siendo este 0.016, mientras que no se rechazan las hipótesis nulas para los factores Hora, Punto y las interacciones Hora\*Punto, Hora\*Día, Punto\*Día y Hora\*Punto\*Día, obteniendo valores de p mayores a 0.05. Por consiguiente se concluye que las concentraciones de la dureza total es fuente de variabilidad en el factor día.

**Tabla 15**

Datos del anova para la dureza total

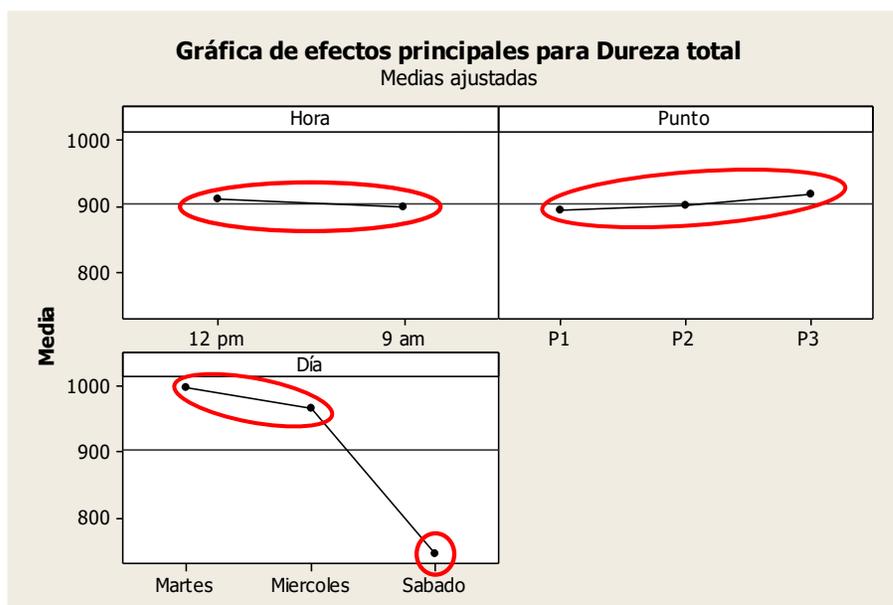
Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Hora	1	952	692	692	0.35	0.613
Punto	2	2,972	2,075	1,037	0.53	0.654
Día	2	238,223	234,082	117,041	59.71	0.016
Hora*Punto	2	1,442	1,491	746	0.38	0.724

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Hora*Día	2	1,826	1,819	910	0.46	0.683
Punto*Día	4	2,160	2,428	607	0.31	0.854
Hora*Punto*Día	4	733	733	183	0.09	0.975
Error	2	3,921	3,921	1,960		
Total	19	252,230				

Observando la Figura 25 los valores de la media para la dureza total en los factores hora y punto es la misma y la media para la dureza total en el factor día, los días martes y miércoles es la misma mientras que para el día sábado es diferente e inferior, según el análisis de rangos múltiples presentado en la Tabla 16. Por último en la Figura 26 se verifica que las interacciones dobles no son fuente de variabilidad y por lo tanto no se presenta diferencias entre dichos factores.

### Figura 25

Gráficas de la media tomando en cuenta los diferentes factores



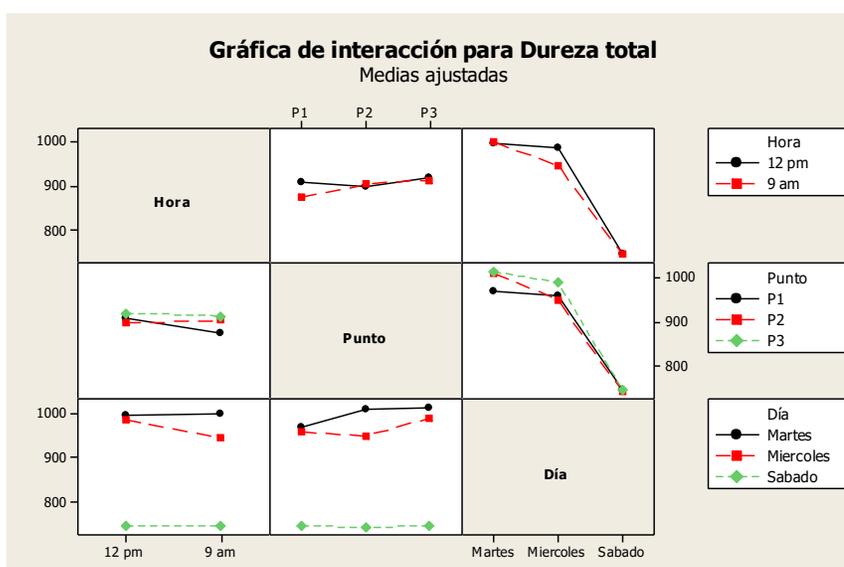
**Tabla 16**

Datos de la media con respecto a la hora, al punto y al día utilizando el método Tukey

		N	Media	Agrupación
Hora	12 pm	10	909.8	A
	9 am	10	297.7	A
Punto	P3	7	917.5	A
	P2	6	901.0	A
	P1	7	892.8	A
Día	Martes	7	998.4	A
	Miércoles	7	967.0	A
	Sábado	6	745.8	B

**Figura 26**

Gráfica de interacciones dobles para la dureza total

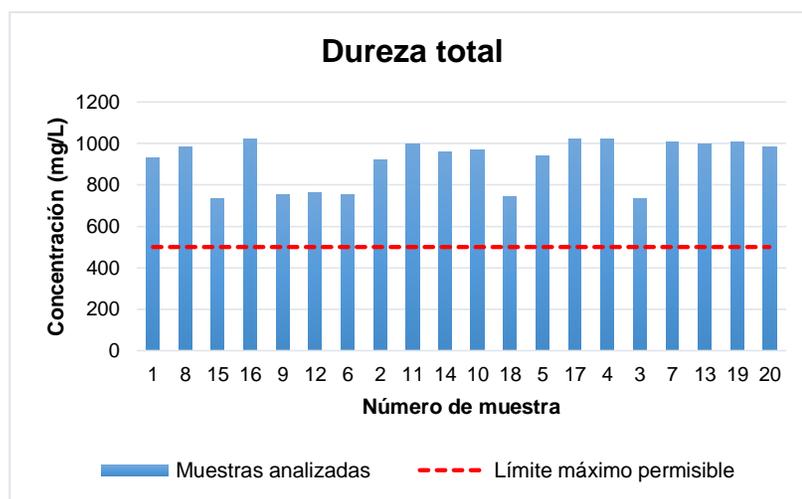


Comparando los resultados obtenidos en las muestras de agua se puede concluir que todas sobrepasan el límite establecido por los “Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico. que únicamente requieren tratamiento convencional” (Ministerio del Ambiente del Ecuador., 2011), el

mismo que es 500.0 mg/L, lo cual se puede verificar en la Figura 27 . En la Tabla 6 se encuentran con color gris los resultados que no se encuentran dentro del límite.

### **Figura 27**

*Diagrama de bloques comparando la concentración de muestras analizadas con el límite máximo permisible*

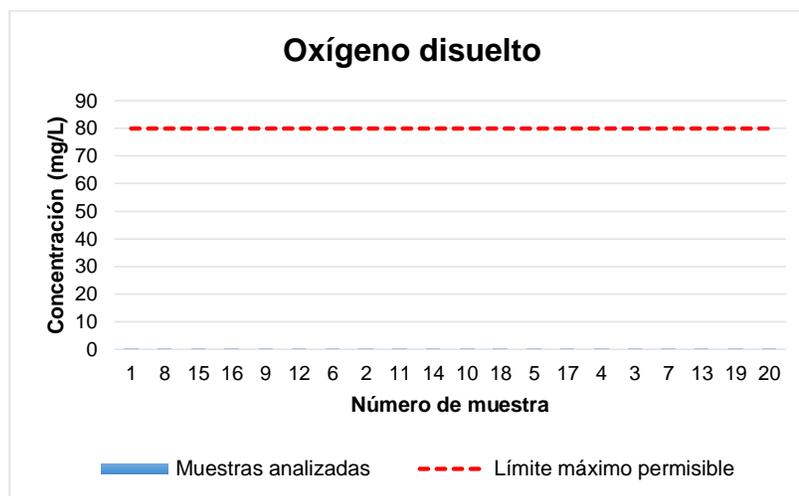


### **4.7 Oxígeno disuelto**

No se puede realizar un análisis estadístico debido a que los resultados encontrados fueron los mismos y por lo tanto no existe variabilidad en los datos. Comparando los resultados obtenidos en las muestras de agua se puede concluir ninguna se encuentra dentro del límite establecido por los “Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce” (Ministerio del Ambiente del Ecuador., 2015), en donde el límite permitido tiene que ser mayor a 80.0 mg/L, lo cual se verifica en la Figura 27. En la Tabla 6 se encuentran con color gris los resultados que no se encuentran dentro del límite.

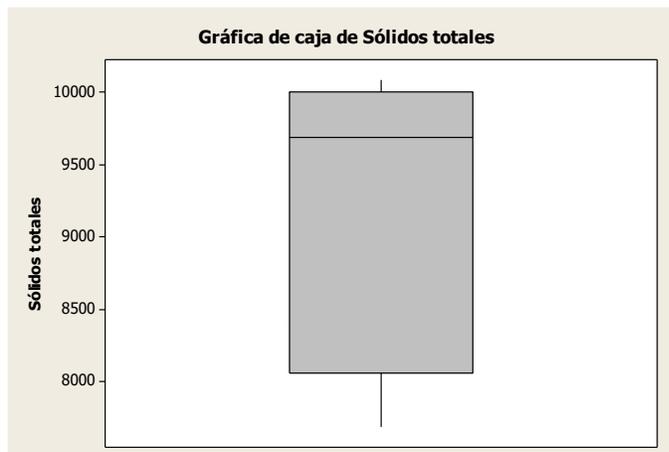
**Figura 28**

Diagrama de bloques comparando la concentración de muestras analizadas con el límite máximo permisible



#### 4.8 Sólidos totales

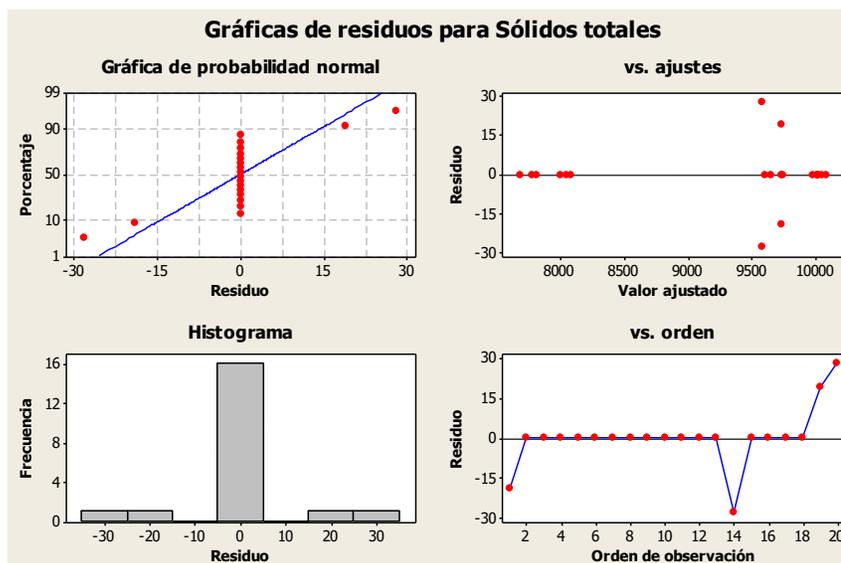
Para este parámetro se analizaron 20 muestras, se obtuvieron varios datos mediante el programa Minitab® encontrando para la concentración de sólidos totales una media de 9,249.0 mg/L, una varianza de 847,709.0 mg/L, una desviación estándar de 921.0 mg/L, una mediana de 9,686.0 mg/L, un coeficiente de variación de 9.95 mg/L; cuenta con un valor máximo de 1,008.0 mg/L y un valor mínimo de 7,692.0 mg/L, los cuartiles 1 y 3 poseen valores de 8,057.0 mg/L y 10,003.0 mg/L respectivamente. En la Figura 28 se puede observar tal información.

**Figura 29***Gráfica de caja de sólidos totales*

En la Figura 29 analizando la gráfica 4 en 1, tomando en cuenta la gráfica de probabilidad normal los datos no se ajustan a la recta normal según los residuales, en la gráfica de la constancia de la varianza se observa que los datos tienen un ajuste mínimo para que la varianza sea constante y en la gráfica de independencia de los datos se observa que los mismos tienen un ajuste aceptable.

Figura 30

Gráficas de residuos para sólidos totales



En la Tabla 17 se observa que se rechazan las hipótesis nulas para el factor Día y la interacción Hora\*Día en donde se obtienen valores menores de  $\alpha=0.05$  (con un nivel de confianza del 95%) siendo estos 0.000 y 0.004 respectivamente, mientras que no se rechazan las hipótesis nulas para los factores Hora, Punto y las interacciones Hora\*Punto, Punto\*Día y Hora\*Punto\*Día, obteniendo valores de p mayores a 0.05. Por consiguiente se concluye que para la concentración de los sólidos totales son fuente de variabilidad el factor Día y la interacción doble (Hora\*Día).

Tabla 17

Datos del ANOVA para sólidos totales

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Hora	1	1,656	6,760	6,760	5.90	0.136
Punto	2	9,155	5,372	2,686	2.35	0.299
Día	2	15,509,242	15,627,760	7,813,880	6824,35	0.000

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Sec.</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
<b>Hora*Punto</b>	2	12,973	1,552	776	0.68	0.596
<b>Hora*Día</b>	2	557,440	537,924	268,962	234.90	0.004
<b>Punto*Día</b>	4	9,942	9,186	2,297	2.01	0.359
<b>Hora*Punto*Día</b>	4	3,769	3,769	942	0.82	0.613
<b>Error</b>	2	2,290	2,290	1,145		
<b>Total</b>	19	16,106,468				

Observando la Figura 30 los valores de la media para la concentración de sólidos totales en los factores hora y punto son los mismos y la media para la concentración de sólidos totales en el factor día la media del sábado es diferente y menor mientras que la media en los días martes y miércoles es la misma, según el análisis de rangos múltiples presentado en la Tabla 18. Por último en la Figura 31 se verifica que la única interacción doble que es fuente de variabilidad es hora\*día, mientras que las otras interacciones no presentan diferencias entre dichos factores.

Figura 31

Gráficas de la media tomando en cuenta los diferentes factores

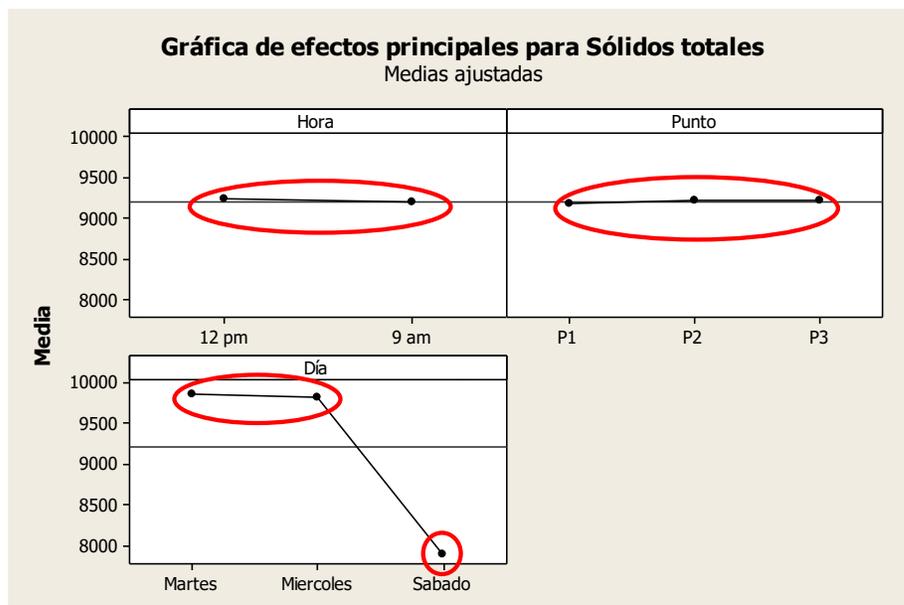


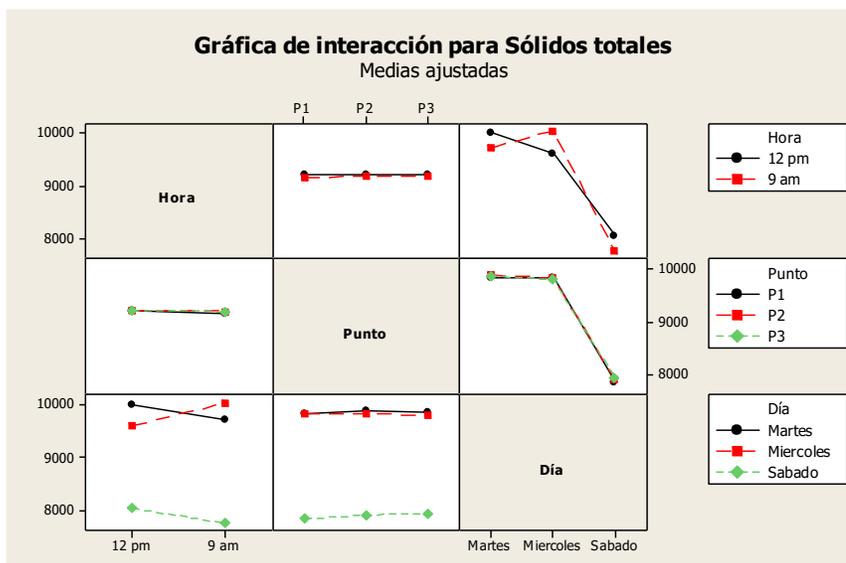
Tabla 18

Datos de la media con respecto a la hora, al punto y al día utilizando el método Tukey

		N	Media	Agrupación
Hora	12 pm	10	9,222	A
	9 am	10	9,185	A
Punto	P3	7	9,216	A
	P2	6	9,214	A
	P1	7	9,186	A
Día	Martes	7	9,874	A
	Miércoles	7	9,832	A
	Sábado	6	7,904	B

**Figura 32**

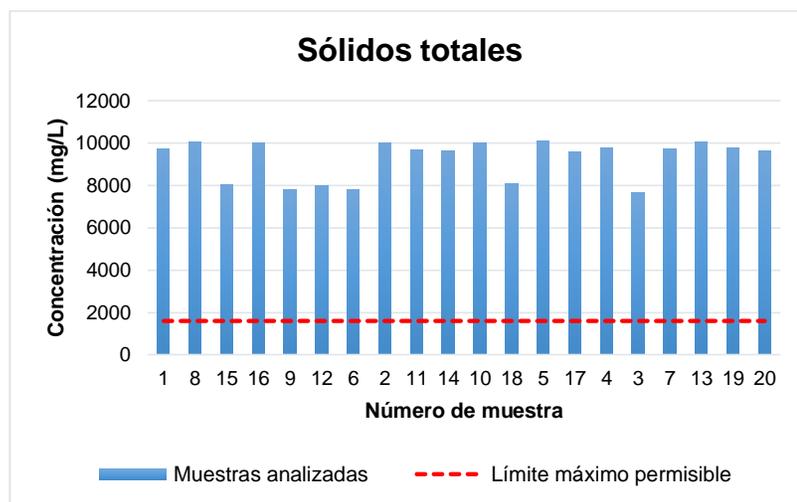
*Gráfica de interacciones dobles para los sólidos totales*



Comparando los resultados obtenidos en las muestras de agua se puede concluir que todas sobrepasan el límite establecido por los “Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce” (Ministerio del Ambiente del Ecuador., 2015), en donde el límite permitido es hasta 1600.0 mg/L, lo cual se verifica en la Figura 32. En la Tabla 6 se encuentran con color gris los resultados que no se encuentran dentro del límite.

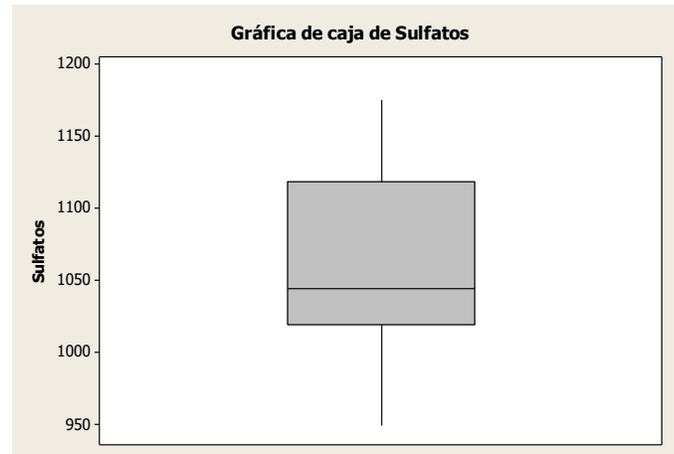
**Figura 33**

Diagrama de bloques comparando la concentración de muestras analizadas con el límite máximo permisible



#### 4.9 Sulfatos

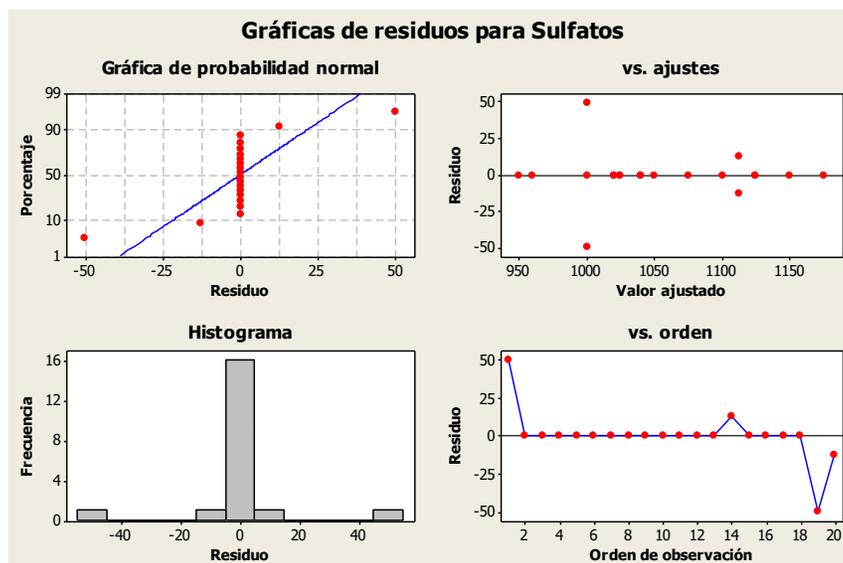
Para este parámetro se analizaron 20 muestras, se obtuvieron varios datos mediante el programa Minitab® encontrando para la concentración de sólidos totales una media de 1,055.3 mg/L, una varianza de 4,285.5 mg/L, una desviación estándar de 65.5 mg/L, una mediana de 1,045.0 mg/L, un coeficiente de variación de 6.20 mg/L; cuenta con un valor máximo de 1,175.0 mg/L y un valor mínimo de 950.0 mg/L, los cuartiles 1 y 3 poseen valores de 1,020.0 mg/L y 1,118.8 mg/L respectivamente. En la Figura 33 se puede observar tal información.

**Figura 34***Gráfica de caja de sulfatos*

En la Figura 34 analizando la gráfica 4 en 1, tomando en cuenta la gráfica de probabilidad normal los datos no se ajustan a la recta normal según los residuales, en la gráfica de la constancia de la varianza se observa que los datos tienen un ajuste mínimo para que la varianza sea constante y en la gráfica de independencia de los datos se observa que los mismos tienen un ajuste aceptable.

Figura 35

Gráficas de residuos para sulfatos



En la tabla 19 se observa que no se rechazan las hipótesis nulas para todos los factores (Hora, Punto, Día) y para las interacciones (Hora\*Punto, Hora\*Día, Punto\*Día y Hora\*Punto\*Día) obteniendo valores mayores de  $\alpha=0.05$  (con un nivel de confianza del 95%). Por lo tanto se concluye que para la concentración de sulfatos no existe fuente de variabilidad con respecto a los factores analizados.

Tabla 19

Datos del ANOVA para sulfatos

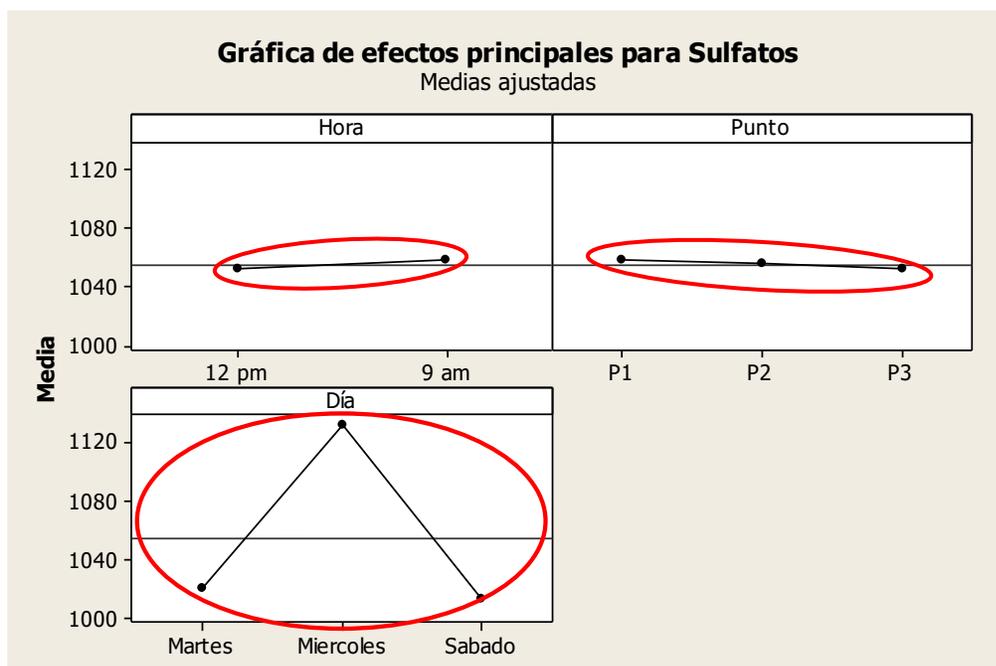
Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Hora	1	151	194	194	0.07	0.812
Punto	2	405	100	50	0.02	0.981
Día	2	57,669	56,079	28,040	10.56	0.087
Hora*Punto	2	4,320	4,442	2,221	0.84	0.545
Hora*Día	2	9,842	10,129	5,064	1.91	0.344
Punto*Día	4	1,299	1,213	303	0.11	0.965

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Hora*Punto*Día	4	2,424	2,424	606	0.23	0.902
Error	2	5,313	5,313	2,656		
Total	19	81,424				

Observando la Figura 35 los valores de la media para la concentración de sulfatos en los factores Hora, Punto y Día es los mismos, según el análisis de rangos múltiples presentados en la Tabla 20. Por último en la Figura 36 se verifica que las interacciones dobles no son fuente de variabilidad y por lo tanto no se presenta diferencias entre dichos factores.

### Figura 36

Gráficas de la media tomando en cuenta los diferentes factores



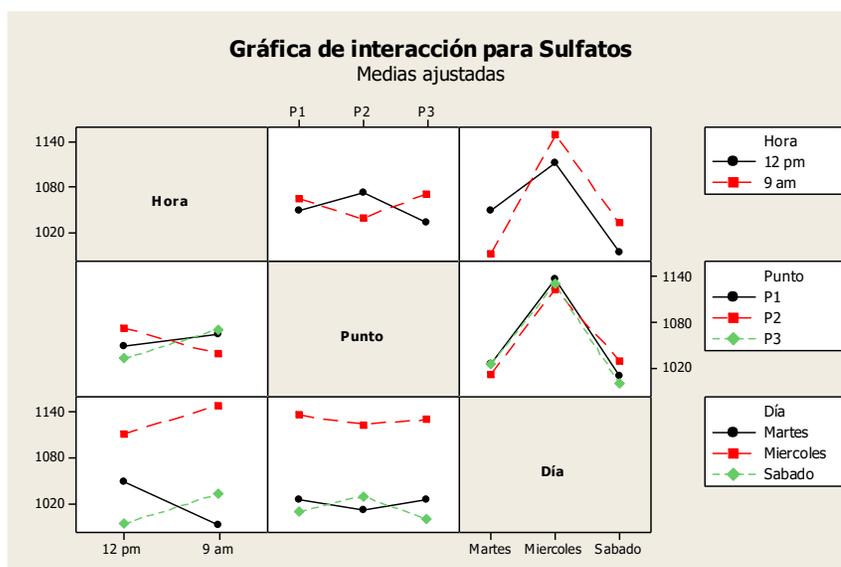
**Tabla 20**

*Datos de la media con respecto a la hora, al punto y al día utilizando el método Tukey*

		N	Media	Agrupación
Hora	12 pm	10	1,058	A
	9 am	10	1,052	A
Punto	P1	7	1,058	A
	P2	6	1,056	A
	P3	7	1,052	A
Día	Martes	7	1,131	A
	Miércoles	7	1,021	A
	Sábado	6	1,012	A

**Figura 37**

*Gráfica de interacciones dobles para la concentración de sulfatos*

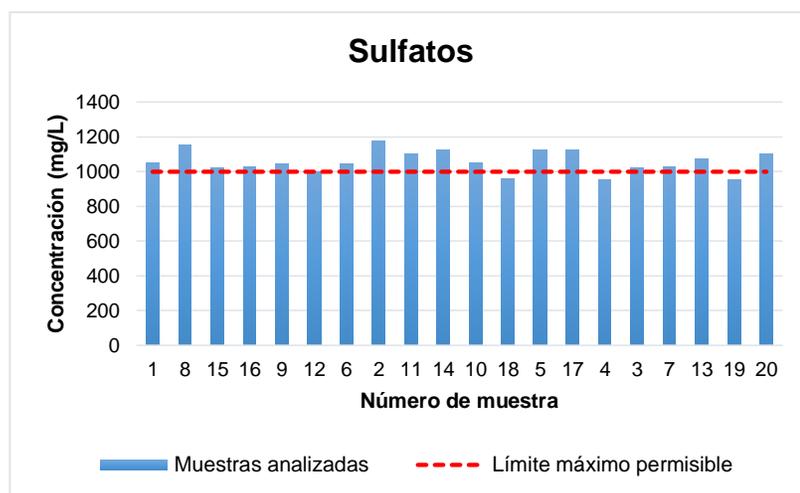


Comparando los resultados obtenidos en las muestras de agua se puede concluir que las muestras 4, 18 y 19 se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos por los “Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce” (Ministerio del Ambiente del Ecuador., 2015), en donde el límite permitido es hasta 1000.0 mg/L, lo

cual se verifica en la Figura 37. En la Tabla 6 se encuentran con color gris los resultados que no se están dentro del límite.

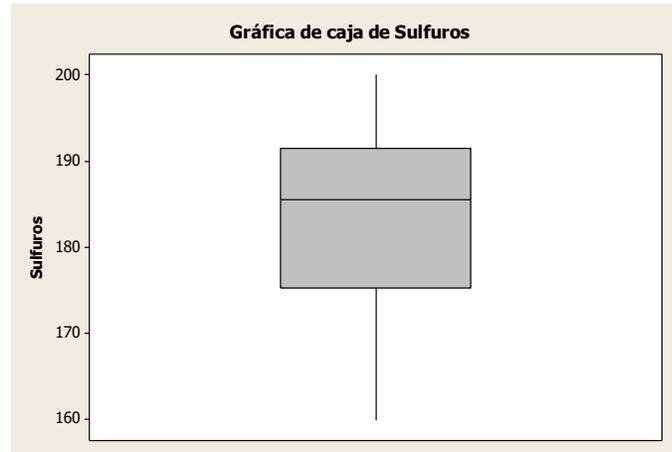
### Figura 38

Diagrama de bloques comparando la concentración de muestras analizadas con el límite máximo permisible



#### 4.10 Sulfuros

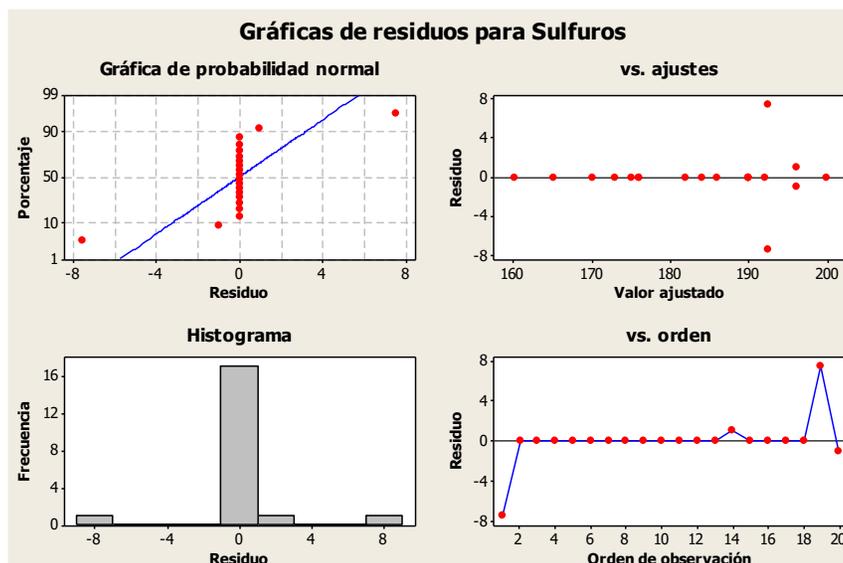
Para este parámetro se analizaron 20 muestras, se obtuvieron varios datos mediante el programa Minitab® encontrando para la concentración de sólidos totales una media de 183.80 mg/L, una varianza de 130.59 mg/L, una desviación estándar de 11.43 mg/L, una mediana de 185.5 mg/L, un coeficiente de variación de 6.22 mg/L; cuenta con un valor máximo de 200.0 mg/L, y un valor mínimo de 160.0 mg/L, los cuartiles 1 y 3 poseen valores de 175.25 mg/L y 191.5 mg/L respectivamente. En la Figura 38 se puede observar tal información.

**Figura 39***Gráfica de caja de sulfuros*

En la Figura 39 analizando la gráfica 4 en 1, tomando en cuenta la gráfica de probabilidad normal los datos no se ajustan a la recta normal según los residuales, en la gráfica de la constancia de la varianza se observa que los datos tienen un ajuste mínimo para que la varianza sea constante y en la gráfica de independencia de los datos se observa que los mismos tienen un ajuste aceptable.

Figura 40

Gráficas de residuos para sulfuros



En la Tabla 21 se observa que no se rechazan las hipótesis nulas para todos los factores (Hora, Punto, Día) y para las interacciones (Hora\*Punto, Hora\*Día, Punto\*Día y Hora\*Punto\*Día) obteniendo valores mayores de  $\alpha=0.05$  (con un nivel de confianza del 95%). Por lo tanto se concluye que para la concentración de sulfuros no existe fuente de variabilidad

Tabla 21

Datos del ANOVA para sulfuros

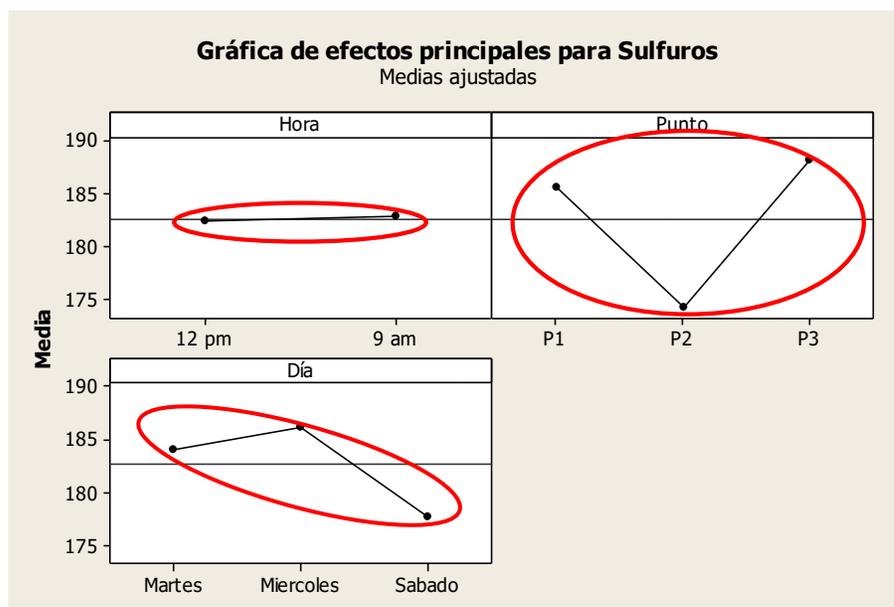
Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Hora	1	0.00	0.72	0.72	0.01	0.921
Punto	2	821.60	686.31	343.15	5.99	0.143
Día	2	290.12	243.07	121.53	2.12	0.320
Hora*Punto	2	96.38	80.32	40.16	0.70	0.588
Hora*Día	2	122.54	123.07	61.53	1.07	0.482
Punto*Día	4	779.98	860.20	215.05	3.76	0.221

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Hora*Punto*Día	4	256.09	256.09	64.02	1.12	0.522
Error	2	114.50	114.5	57.25		
Total	19	2,481.20				

Observando la Figura 40 los valores de la media para la concentración de sulfuros en los factores hora, punto y día son los mismos, según el análisis de rangos múltiples presentados en la Tabla 22. Por último en la Figura 41 se verifica que las interacciones dobles no son fuente de variabilidad y por lo tanto no se presenta diferencias entre dichos factores.

### Figura 41

Gráficas de la media tomando en cuenta los diferentes factores



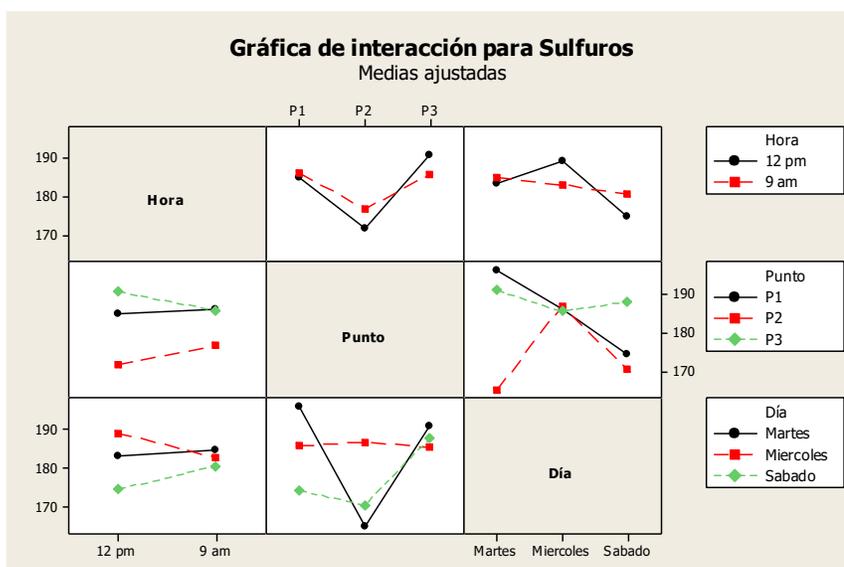
**Tabla 22**

*Datos de la media con respecto a la hora, al punto y al día utilizando el método Tukey*

		N	Media	Agrupación
Hora	12 pm	10	182.2	A
	9 am	10	182.4	A
Punto	P3	7	188.2	A
	P1	7	185.6	A
	P2	6	174.2	A
Día	Miércoles	7	186.2	A
	Martes	7	184.1	A
	Sábado	6	177.7	A

**Figura 42**

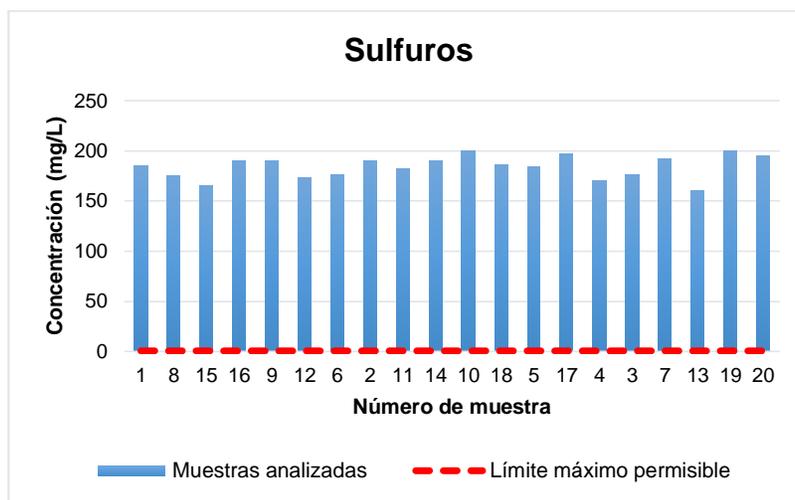
*Gráfica de interacciones dobles para los sulfuros*



Comparando los resultados obtenidos en las muestras de agua se puede concluir que todas sobrepasan el límite establecido por los “Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce” (Ministerio del Ambiente del Ecuador., 2015), en donde el límite permitido es hasta 0.5 mg/L, lo cual se verifica en la Figura 42. En la Tabla 6 se encuentran con color gris los resultados que no están dentro del límite.

**Figura 43**

Diagrama de bloques comparando la concentración de muestras analizadas con el límite máximo permisible

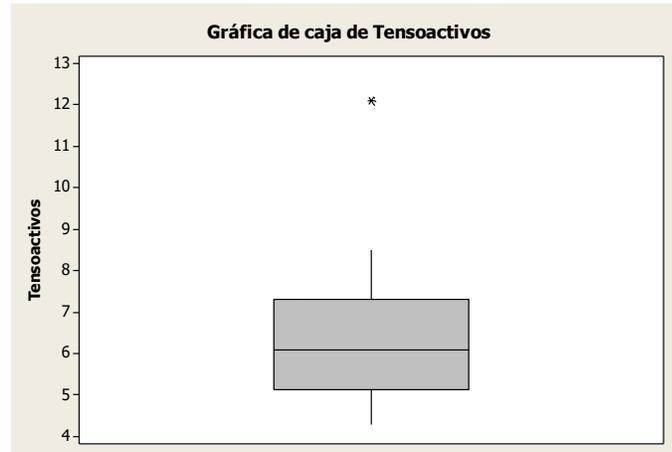


#### 4.11 Tensoactivos

Para este parámetro se analizaron 20 muestras, se obtuvieron varios datos mediante el programa Minitab® encontrando para la concentración de tensoactivos una media de 6.450 mg/L, una varianza de 3.068 mg/L, una desviación estándar de 1.752 mg/L, una mediana de 6.10 mg/L un coeficiente de variación de 27.16 mg/L; cuenta con un valor máximo de 12.10 mg/L y un valor mínimo de 4.30 mg/L, los cuartiles 1 y 3 poseen valores de 5.125 mg/L y 7.325 mg/L respectivamente. En la Figura 43 se puede observar tal información.

**Figura 44**

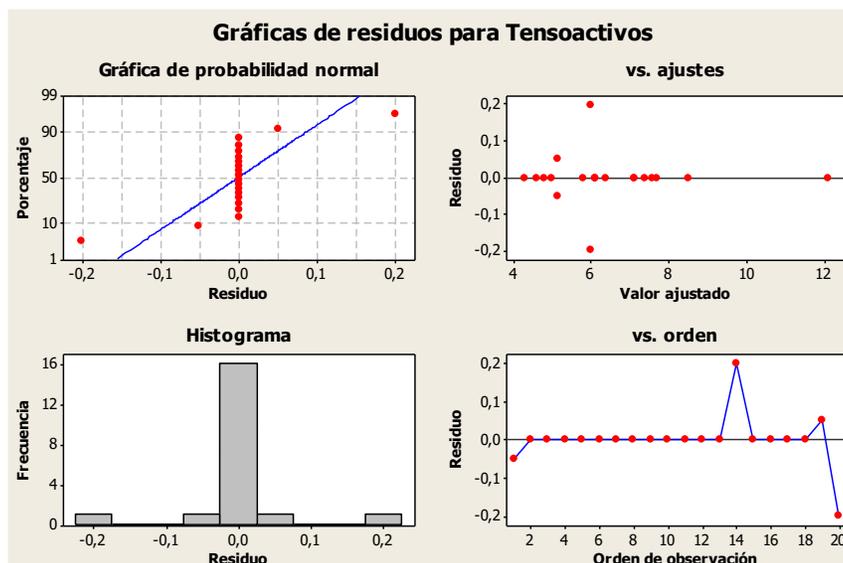
Gráfica de caja de tensoactivos



En la Figura 44 analizando la gráfica 4 en 1, tomando en cuenta la gráfica de probabilidad normal los datos no se ajustan a la recta normal según los residuales, en la gráfica de la constancia de la varianza se observa que los datos tienen un ajuste mínimo para que la varianza sea constante y en la gráfica de independencia de los datos se observa que los mismos tienen un ajuste aceptable.

**Figura 45**

Gráficas de residuos para tensoactivos



En la Tabla 23 se observa que se rechazan las hipótesis nulas para los factores Hora, Punto, Día y las interacciones Hora\*Punto y Punto\*Día, en donde se obtienen valores menores de  $\alpha=0.05$  (con un nivel de confianza del 95%) siendo estos 0.015, 0.006, 0.010, 0.008 y 0.009 respectivamente, mientras que no se rechaza la hipótesis nula para las interacciones Hora\*Día y Hora\*Punto\*Día, obteniendo valores de p mayores a 0.05. Por consiguiente se concluye que para la concentración de tensoactivos son fuentes de variabilidad los factores Hora, Punto, Día y las interacciones (Hora\*Día y Hora\*Punto).

**Tabla 23**

Datos del ANOVA de tensoactivos

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Hora	1	2.8880	2.6801	2.6801	63.06	0.015

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

Observando la Figura 45 los valores de la media para la concentración de tensoactivos en el factor Hora es significativamente diferente tanto para las 9 am como para las 12 pm, los valores de la media para la concentración de tensoactivos en el factor Punto, los puntos P<sub>1</sub> y P<sub>3</sub> es la misma mientras que la media para P<sub>2</sub> es diferente y mayor, por último y la media para la concentración de tensoactivos en el factor Día, la media del martes es diferente e inferior en relación a los días sábado y miércoles que la media es la misma y superior, según el análisis de rangos múltiples presentados en la Tabla 25. Finalmente en la Figura 46 se verifica que la interacción doble Hora\*Día no es fuente de variabilidad y por lo tanto no se presenta diferencias entre dichos factores.

Figura 46

Gráficas de la media tomando en cuenta los diferentes factores

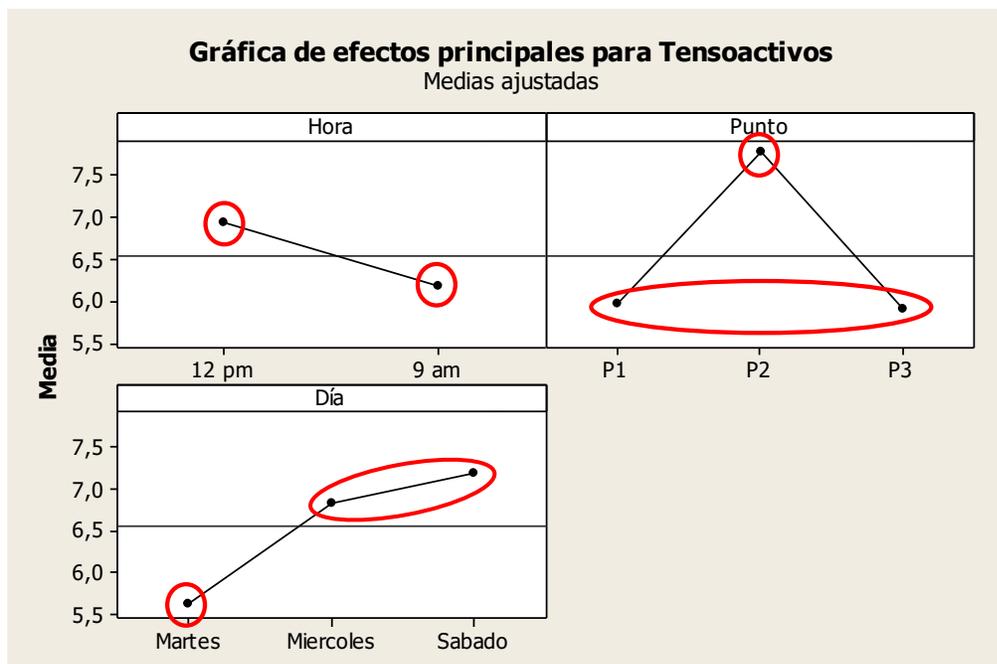


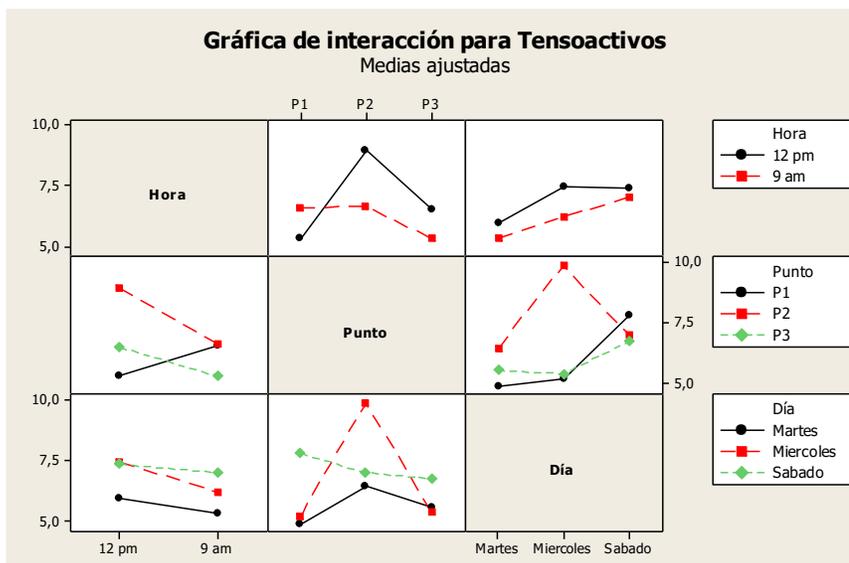
Tabla 24

Datos de la media con respecto a la hora, al punto y al día utilizando el método Tukey

		N	Media	Agrupación
Hora	12 pm	10	6.922	A
	9 am	10	6.172	B
Punto	P2	6	7.783	A
	P1	7	5.958	B
	P3	7	5.900	B
Día	Sábado	6	7.183	A
	Miércoles	7	6.833	A
	Martes	7	5.625	B

**Figura 47**

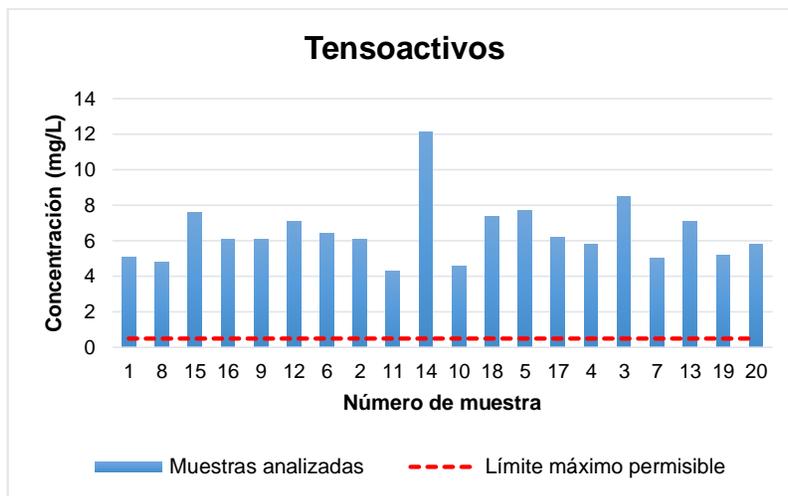
Gráfica de interacciones dobles para la concentración de tensoactivos



Comparando los resultados obtenidos en las muestras de agua se puede concluir que las muestras sobrepasan los “Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce” (Ministerio del Ambiente del Ecuador., 2015), en donde el límite permitido es hasta 0.5 mg/L, lo cual se verifica en la Figura 47. En la Tabla 6 se presentan con color gris los resultados que no se encuentran dentro del límite

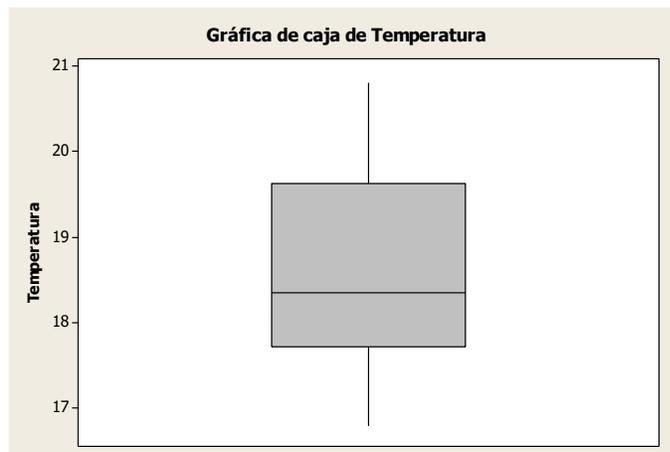
**Figura 48**

Diagrama de bloques comparando la concentración de muestras analizadas con el límite máximo permisible



#### 4.12 Temperatura

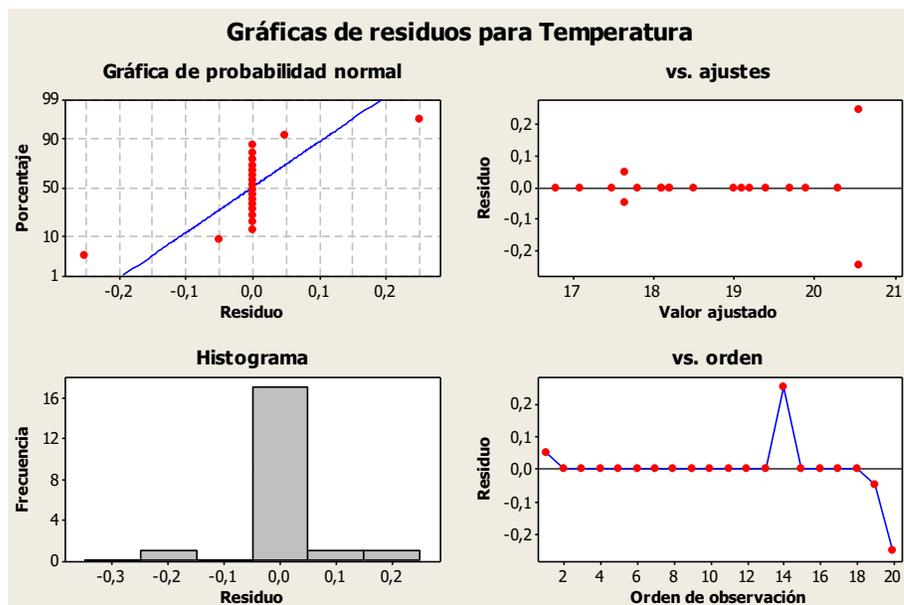
Para este parámetro se analizaron 20 muestras, se obtuvieron varios datos mediante el programa Minitab® encontrando para la temperatura una media de 18.665 °C, una varianza de 3.068 °C, una desviación estándar de 1.143 °C, una mediana de 18.350 °C un coeficiente de variación de 6.12 °C; cuenta con un valor máximo de 20.80 °C y un valor mínimo de 16.80 °C, los cuartiles 1 y 3 poseen valores de 17.725 °C y 20.80 °C respectivamente. En la Figura 48 se puede observar tal información.

**Figura 49***Gráfica de caja de temperatura*

En la Figura 49 analizando la gráfica 4 en 1, tomando en cuenta la gráfica de probabilidad normal los datos no se ajustan a la recta normal según los residuales, en la gráfica de la constancia de la varianza se observa que los datos tienen un ajuste mínimo para que la varianza sea constante y en la gráfica de independencia de los datos se observa que los mismos tienen un ajuste aceptable.

**Figura 50**

Gráficas de residuos para la temperatura



En la Tabla 26 se observa que se rechazan las hipótesis nulas para los factores hora y día, en donde se obtienen valores menores de  $\alpha=0.05$  (con un nivel de confianza del 95%) siendo estos 0.009 y 0.015, respectivamente, mientras que no se rechaza la hipótesis nula para el factor punto y las interacciones Hora\*Punto, Hora\*Día, Punto\*Día y Hora\*Punto\*Día, obteniendo valores de p mayores a 0.05. Por consiguiente se concluye que para la temperatura son fuentes de variabilidad los factores hora, día y las interacciones (Hora\*Día y Hora\*Punto).

**Tabla 25**

Datos del ANOVA para la temperatura

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Hora	1	9.9405	7.3788	7.3788	113.52	0.009
Punto	2	1.6025	2.2731	1.1366	17.49	0.054

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Sec.</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
<b>Día</b>	2	9.8579	8.6462	4.3231	66.51	0.015
<b>Hora*Punto</b>	2	0.9282	0.9530	0.4765	7.33	0.120
<b>Hora*Día</b>	2	0.5138	0.4239	0.2119	3.26	0.235
<b>Punto*Día</b>	4	0.2537	0.3428	0.0857	1.32	0.474
<b>Hora*Punto*Día</b>	4	1.5990	1.5990	0.3997	6.15	0.145
<b>Error</b>	2	0.1300	0.1300	0.0650		
<b>Total</b>	19	24.8255				

Observando la Figura 50 los valores de la media para la temperatura en el factor Hora es significativamente diferente tanto para las 9 am como para las 12 pm, los valores de la media para la temperatura en el factor Punto es la misma para P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> y P<sub>3</sub>, por último la media de la temperatura para el factor Día, el día miércoles presenta una media diferente y superior y la media para los días martes y sábado es la misma, según el análisis de rangos múltiples presentados en la Tabla 27. Por último en la Figura 51 se verifica que las interacciones dobles no son fuente de variabilidad y por lo tanto no se presenta diferencias entre dichos factores.

Figura 51

Gráficas de la media tomando en cuenta los diferentes factores

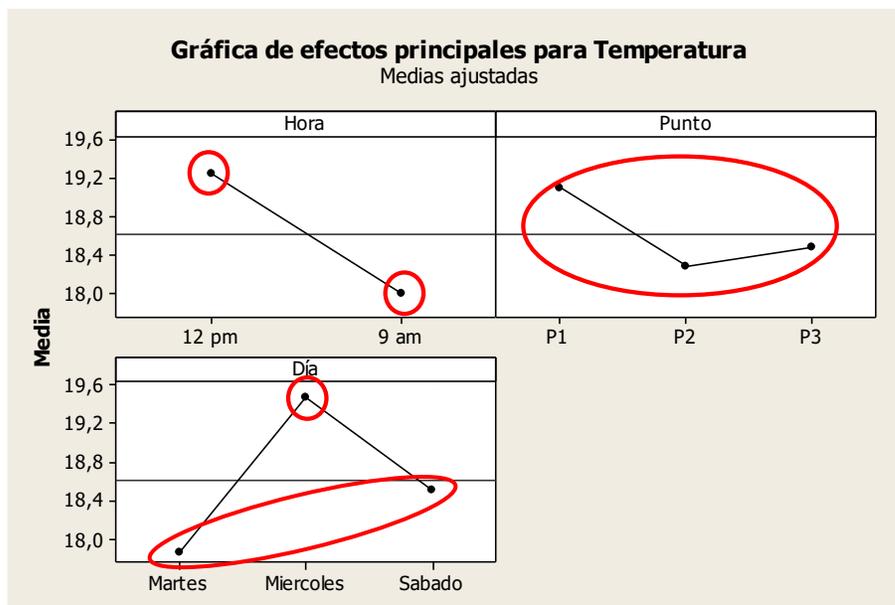


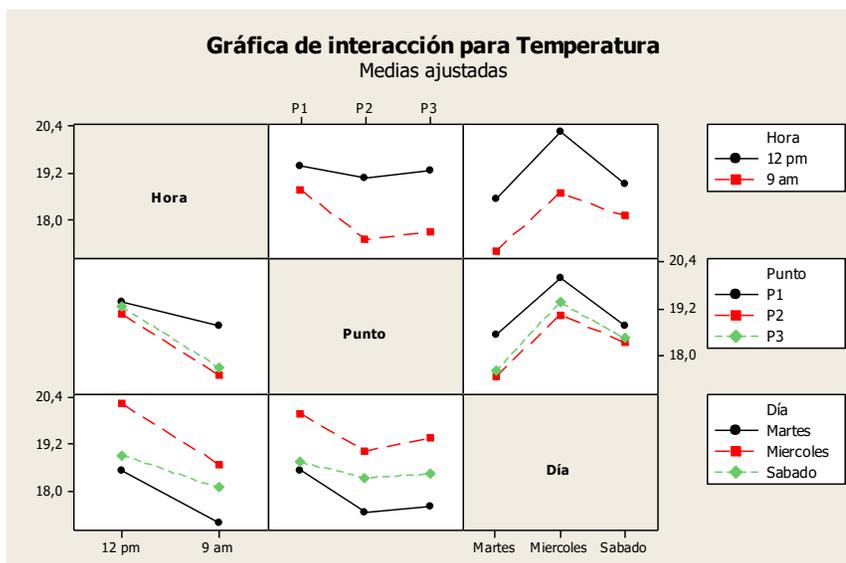
Tabla 26

Datos de la media con respecto a la hora, al punto y al día utilizando el método Tukey

		N	Media	Agrupación
Hora	12 pm	10	19,24	A
	9 am	10	17,99	B
Punto	P1	7	19,09	A
	P3	7	18,48	A
	P2	6	18,28	A
Día	Miércoles	7	19,47	A
	Sábado	6	18,52	B
	Martes	7	17,86	B

Figura 52

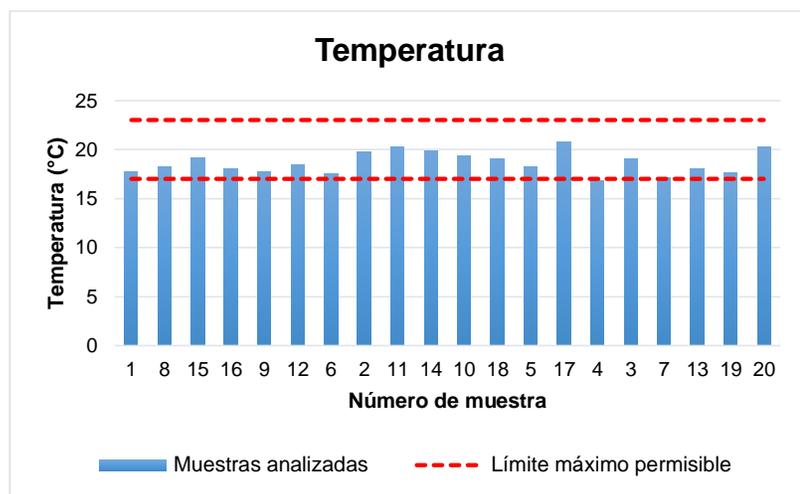
Gráfica de interacciones dobles para la temperatura



Comparando los resultados obtenidos en las muestras de agua se puede concluir que sólo una no se encuentran dentro del límite establecido por los “Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce” (Ministerio del Ambiente del Ecuador., 2015), en donde el límite permitido es las condiciones naturales  $\pm 3$  °C, en este caso  $17$  °C  $\pm 3$ , lo cual se verifica en la Figura 52. En la Tabla 6 se presenta con color gris el resultado que no se encuentra dentro del límite.

**Figura 53**

Diagrama de bloques comparando temperatura de muestras analizadas con el límite máximo permisible

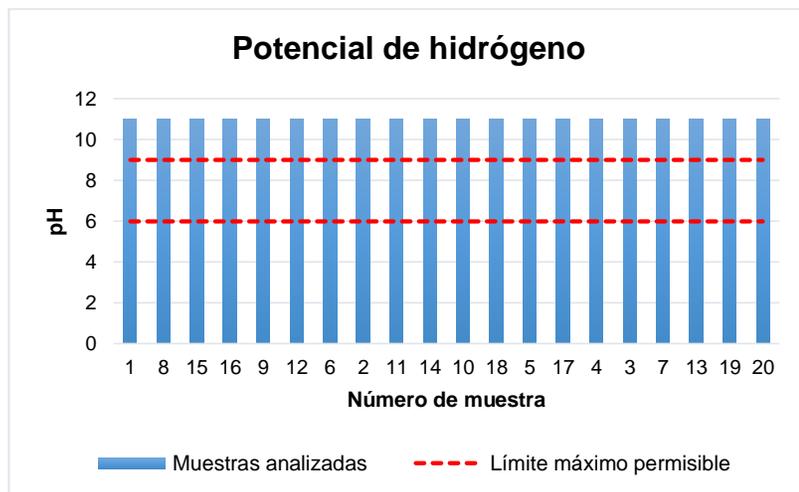


#### 4.13 Potencial de hidrógeno

No se puede realizar un análisis estadístico debido a que los resultados encontrados fueron los mismos y por lo tanto no existe variabilidad en los datos. Comparando los resultados obtenidos en las muestras de agua se puede concluir que todas sobrepasan el límite establecido por los “Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce” (Ministerio del Ambiente del Ecuador., 2015), en donde el límite permitido es entre 6,0 a 9,0, lo cual se verifica en la Figura 53. En la Tabla 6 se presentan con color gris los resultados que no se encuentran dentro del límite.

**Figura 54**

Diagrama de bloques comparando la concentración de muestras analizadas con el límite máximo permisible



## Capítulo V

### 5. Conclusiones y recomendaciones

#### 5.1 Conclusiones

Se evaluaron las propiedades del agua y elementos contaminantes en la zona de San Miguel de Salcedo potencialmente en riesgo a causa de industrias textiles.

Se realizó una revisión literaria relacionada con la industria textil, su relación con la contaminación del ambiente, y las características del entorno local y nacional, definiendo los procesos textiles más comunes que generan contaminación, sus causas y sus efectos; y determinando los contaminantes que son más estudiados en este tipo de zonas y sus razones. A la vez se reconoció los métodos de muestreo para medios y los métodos de análisis químicos para contaminantes según normativas nacionales e internacionales.

Se determinó las zonas potenciales para el estudio y sus características, reconociendo los medios que podrían encontrarse afectados en la zona, se plantearon las propiedades a estudiar en los medios y los diferentes contaminantes definiendo el número de muestras y la ubicación para la obtención de dichas muestras. Recolectando de esta forma 20 muestras en 3 puntos diferentes, en donde se obtuvieron las concentraciones de: aceites y grasas, cromo total, DBO<sub>5</sub>, DQO, dureza total, oxígeno disuelto, sólidos totales, sulfatos, sulfuros y tensoactivos; y otros parámetros como la temperatura, pH y caudal.

De los análisis realizados en el laboratorio comparando con los límites máximos permisibles se conoce que el único parámetro que se encuentra dentro de dichos límites es la concentración de aceites y grasas, mientras que la concentración de los

parámetros como total,  $\text{DBO}_5$ , DQO, oxígeno disuelto, sólidos totales, sulfatos, sulfuros y tensoactivos sobrepasan los límites establecidos, la temperatura y pH

Mediante los análisis estadísticos realizados para los diferentes parámetros se encontró que para el caudal, las concentraciones de DQO y tensoactivos presentan variaciones en los factores hora, punto y día; para las concentraciones de cromo total, dureza y sólidos totales existe variabilidad en el factor Día; para la temperatura se encuentra variabilidad en los factores hora y día; finalmente para la concentración de  $\text{DBO}_5$ , sulfatos y sulfuros no se presenta variabilidad alguna en ningún factor.

Observando los resultados de las concentraciones de  $\text{DBO}_5$  y DQO se concluye que todos los valores se encuentran por encima del límite máximo, esto indica que el agua está sumamente contaminada, cuanto más contaminación existe mayor es el consumo de oxígeno disuelto.

De los resultados de concentración obtenidos para la dureza total se puede observar que son valores muy altos siendo mayores a 500 mg/L y por lo tanto se considera que el agua de la vertiente es muy dura.

Del análisis de muestras para el oxígeno disuelto se obtuvo una concentración de 0 mg/L, lo que indica que no puede existir vida acuática en esta vertiente. La baja concentración de oxígeno disuelto se debe a la gran cantidad de materia orgánica presente en el agua.

Observando los resultados de las concentraciones de sulfuros y sulfatos sobrepasa el límite establecido, las altas concentraciones de estos parámetros pueden producir que las alcantarillas se oxiden y también pueden provocar daños a la salud de los seres vivos.

Para todas las muestras se obtuvieron un pH de 11, es decir, el agua tenía un pH básico lo que significa que la industria se encontraba en la etapa de pelambre en donde para este proceso se utiliza cal y sulfuro de sodio.

## 5.2 Recomendaciones

Se recomienda a la industria de curtiduría de cueros que realice una planta de tratamiento de agua antes de realizar la descarga de los efluentes industriales al ambiente para reducir los valores de concentración de los parámetros analizados.

Para reducir los diferentes parámetros se pueden utilizar diferentes métodos como colocar trampas en donde se queden residuos, utilizar electrocoagulación e incluso aplicar procesos bioquímicos anaerobios.

Se recomienda en un futuro estudiar a profundidad la concentración de cromo total, sulfuros y sulfatos debido a que estos pueden ser muy dañinos para la salud de los seres vivos.

Posteriormente se puede evaluar la influencia de la vertiente contaminada en el río, para determinar cuánto daño causa esta industria y a su vez determinar los riesgos que provoca la contaminación del río, ya que, esta agua se utiliza para el riego de muchos sectores aledaños.

Al realizar el estudio del agua se pudo observar que también existe contaminación en el suelo, es por esta razón que se sugiere que se realice un análisis del suelo a futuro para determinar la contaminación del mismo.

### Bibliografía

- (US Environmental Protection Agency ), U. (2007). *Graphite furnace atomic absorption spectrophotometry SW-846*. 3(September), 1–24.
- Adak, A., Bandyopadhyay, M., & Pal, A. (2005). Removal of anionic surfactant from wastewater by alumina: A case study. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 254(1–3), 165–171.  
<https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2004.12.004>
- Aldabe, S., Bonazzola, C., Aramendía, P., & Lacreu, L. (2002). *Química 2. Química en acción*.  
<https://books.google.com.ec/books?id=nsTjBmyABXsC&pg=PA283&dq=análisis+gravimétrico&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjRusfuocDvAhVKiFkKHRxcC7UQ6AEwA3oECAYQAg#v=onepage&q=análisis+gravimétrico&f=false>
- Araujo, L. (2016). Verificación del método analítico de espectroscopia de absorción atómica con horno de grafito para la cuantificación de cadmio en almendra de cacao (*Theobroma cacao*). In *Tesis*.  
<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5081/1/UPS-CYT00109.pdf>
- Baird, R. B., Eaton, A. D., & Rice, E. W. (2017). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. *Encyclopedia of Forensic Sciences: Second Edition*, 23rd, 522–527. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-382165-2.00237-3>
- Baque Mite, R., Simba Ochoa, L., Gonzalez Osorio, B., Suatunce, P., Diaz Ocampo, E., & Cadme Arevalo, L. (2016). Calidad del agua destinada al consumo humano en un cantón de Ecuador / Quality of water intended for human consumption in a canton of Ecuador. *Ciencia Unemi*, 9(20), 109. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol9iss20.2016pp109-117p>

- Bosnic, M., Buljan, J., Daniels, R. P. (2000). Pollutants in tannery effluents. *United Nations Industrial Development Organization, August, 26.*
- Carrillo, D. (2010). *Diagnóstico del Sector Textil y de la confección.* 14.
- Cevallos, M. (2017). *Desarrollo e implementación de un método para la determinación de plomo por absorción atómica en horno de grafito en agua natural y potable en el L3C-EPMAPS.*
- CICAM, E. P. N. C. de I. y C. A. (2021). *Informe de resultados.*
- Costa, M., & Duch, N. (2005). La renovación del sector textil-confección en España. *Instituto de Economía de Barcelona, 355/356, 263–272.*  
[http://www.minetur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/355/1PAG\\_263-272.pdf](http://www.minetur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/355/1PAG_263-272.pdf)
- De Aquino, S. F., De Queiroz Silva, S., & Chernicharo, C. A. L. (2006). Practical aspects of the chemical oxygen demand (COD) test applied to the analysis of anaerobic effluents. *Engenharia Sanitaria e Ambiental, 11(4), 295–304.*  
<https://doi.org/10.1590/s1413-41522006000400001>
- Deffairi, M. (2018). El agua: In *Tratado de Derecho de Aguas Tomo II. Perspectiva internacional del derecho de Aguas para siglo XXI* (pp. 121–142).  
<https://doi.org/10.2307/j.ctv1ddctpz.7>
- Flachier, A. (2016). *Análisis de metodologías para el estudio de Caudales Ecológicos. Casos de estudio en ríos altoandinos ecuatorianos.* (Issue June).
- Goel, P. K. (2006). *Contaminación del agua: causas, efectos y control - PK Goel - Google Libros.*  
[https://books.google.com.ec/books?id=n1Gix9EjCzMC&hl=es&source=gbs\\_similar](https://books.google.com.ec/books?id=n1Gix9EjCzMC&hl=es&source=gbs_similar)

books

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

Harris, D. C. (2007). *Análisis químico cuantitativo*.

[https://books.google.com.ec/books?id=H-\\_8vZYdL70C&pg=PA681&dq=análisis+gravimétrico&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjRusfuocDvAhVKiFkKHRxcC7UQ6AEwAHoECAAQAg#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=H-_8vZYdL70C&pg=PA681&dq=análisis+gravimétrico&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjRusfuocDvAhVKiFkKHRxcC7UQ6AEwAHoECAAQAg#v=onepage&q&f=false)

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (1985). *Aguas. Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5*. 1–9.

Jameel, P. (1989). The use of ferrous chloride to control dissolved sulfides in interceptor sewers. *Journal of the Water Pollution Control Federation*, 61(2), 230–236.

Jarrín, L. (2016). *Reducción de sulfuros en el agua residual de la industria de la curtiembre* (Issue June).

Julián-Soto, F. (2010). La dureza del agua como indicador básico de la presencia de incrustaciones en instalaciones domésticas sanitarias. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 11(2), 167–177. <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2010.11n2.014>

Kumar, A., Dhall, P., & Kumar, R. (2010). Redefining BOD:COD ratio of pulp mill industrial wastewaters in BOD analysis by formulating a specific microbial seed. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 64(3), 197–202. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2010.01.005>

Kumar, P. A., Ray, M., & Chakraborty, S. (2007). Hexavalent chromium removal from wastewater using aniline formaldehyde condensate coated silica gel. *Journal of Hazardous Materials*, 143(1–2), 24–32.

<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2006.08.067>

- Li, Y., Li, M., & Kemp, W. M. (2015). A Budget Analysis of Bottom-Water Dissolved Oxygen in Chesapeake Bay. *Estuaries and Coasts*, 38(6), 2132–2148.  
<https://doi.org/10.1007/s12237-014-9928-9>
- Lobos-Moysa, E., & Bodzek, M. (2012). Application of hybrid biological techniques to the treatment of municipal wastewater containing oils and fats. *Desalination and Water Treatment*, 46(1–3), 32–37. <https://doi.org/10.1080/19443994.2012.677451>
- Mafla, E. (2015). *Determinación de cromo, plomo y arsénico en aguas del canal de riego Latacunga - Salcedo - Ambato y evaluación de la transferencia de dichos metales a hortalizas cultivadas en la zona; mediante espectrofotometría de absorción atómica*. <http://weekly.cnbnews.com/news/article.html?no=124000>
- Martínez, P. (2017). *Análisis volumétrico de interés farmacéutico : Valoradores automáticos*.
- Millán, F., Mathison, J., Alvares, M., Jarbough, W., Universitario, I., Santiago, P., & Ext, M. (2003). Estudio comparativo de la dureza del agua en el estado Mérida y algunas localidades del centro y occidente de Venezuela. *Ciencia e Ingeniería*, 24(1), 39–46.
- Ministerio de Ambiente Ecuador. (2011). La Industria De Los Cueros (a Base De Sales De Cromo, Con Agentes Vegetales). *Estudio Para Conocer Los Potenciales Impactos Ambientales y Vulnerabilidad Relacionada Con Las Sustancias Químicas y Tratamiento de Desechos Peligrosos En El Sector Productivo Del Ecuador*, 127–247. <http://www.ambiente.gob.ec/proyecto-saicm/>
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2011). Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes : Recurso Agua. *TULAS Texto Unificado de Legislación Secundaria Del Ministerio Del Ambiente*, 8–9.

Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2015). Norma De Calidad Ambiental Y De Descarga De Efluentes. *Registro Oficial No. 387, 097, 407.*

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

Mondal, N. C., Saxena, V. K., Singh, V. S. (2005). Assessment of groundwater pollution due to tannery industries in and around Dindigul, Tamilnadu, India. *Environmental Geology*, 48(2), 149–157. <https://doi.org/10.1007/s00254-005-1244-z>

Morales Lema, G. E. (2019). Influencia de la temperatura del agua sobre el comportamiento biológico de la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) producida en Atillo GAD-Guamote. In *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*.

Moya, E. (2014). *Dinámicas socioeconómicas del cantón Salcedo - provincia de Cotopaxi período: 2007 - 2012.*

[http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/6881/7.36.001531.pdf?sequence=4&isAllowed=y%0Ahttp://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/11506/Disertación Brenda Enríquez.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/6881/7.36.001531.pdf?sequence=4&isAllowed=y%0Ahttp://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/11506/Disertación%20Brenda%20Enrriquez.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Ram Bharose, S. P., & Singh, D. (2017). Assessment of Physico-Chemical Properties of Tannery Waste Water and Its Impact on Fresh Water Quality. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(4), 1879–1887.

<https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.604.224>

Rigola, M. (1990). *Tratamiento de aguas industriales: Aguas de proceso y residuales.*

[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=fQcXUq9WFC8C&oi=fnd&pg=PA11&dq=efecto+de+la+temperatura+en+aguas+residuales&ots=O5dyW24J46&sig=3pLiW6Rm442UljDoMYtGNsl\\_LLE#v=snippet&q=temperatura&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=fQcXUq9WFC8C&oi=fnd&pg=PA11&dq=efecto+de+la+temperatura+en+aguas+residuales&ots=O5dyW24J46&sig=3pLiW6Rm442UljDoMYtGNsl_LLE#v=snippet&q=temperatura&f=false)

Rodríguez, K. (1981). Desarrollo e implementación de un método para determinar sulfuros en aguas residuales en el L3C-EPMAPS. In *Journal of Chemical*

*Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).

Rodríguez Zamora, J. (2009). Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto, (ASADAS), de cada distrito de Grecia, cantón de Alajuela, noviembre. *Revista Pensamiento Actual (San José)*, 9(12), 125–134.

Severiche Sierra, C. A., & González García, H. (2013). Verificación analítica para las determinaciones de cromo hexavalente en aguas por espectrofotometría. *Ingenierías USBMed*, 4(1), 22–26. <https://doi.org/10.21500/20275846.279>

Sierra, C. (2011). *Calidad del agua: Evaluación y diagnóstico* (1°). [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=2fAYEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA33&q=el+agua&ots=cdWOUo4Ibj&sig=sMz5rrE75CjL-K4b1fa5NvT\\_BUM#v=onepage&q=el+agua&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=2fAYEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA33&q=el+agua&ots=cdWOUo4Ibj&sig=sMz5rrE75CjL-K4b1fa5NvT_BUM#v=onepage&q=el+agua&f=false)

Sigler, A., & Bauder, J. (2014). Alcalinidad , pH , y Sólidos Disueltos Totales. *Northern Plains & Mountains*, 8. [http://region8water.colostate.edu/PDFs/we\\_espanol/Alkalinity\\_pH\\_TDS\\_2012-11-15-SP.pdf](http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Alkalinity_pH_TDS_2012-11-15-SP.pdf)

Simbaña, K. (2011). *Determinación de los niveles de pH, conductividad, sulfatos y nitratos en muestras de agua lluvia, recolectadas en sectores de alta, mediana y baja contaminación ambiental atmosférica del Distrito Metropolitano de Quito*.

Skoog, D. A., West, D. M., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (2015). Fundamentos de química analítica. In *Química Nova* (Vol. 9).

Tait, S., Clarke, W. P., Keller, J., & Batstone, D. J. (2009). Removal of sulfate from high-

strength wastewater by crystallisation. *Water Research*, 43(3), 762–772.

<https://doi.org/10.1016/j.watres.2008.11.008>

Verma, A., Wei, X., & Kusiak, A. (2013). Predicting the total suspended solids in wastewater: A data-mining approach. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 26(4), 1366–1372. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2012.08.015>

Vidales, A., Leos, M., & Campos, G. (2010). Extracción de Grasas y Aceites en los Efluentes de una Industria Automotriz. *Conciencia Tecnológica*, 40, 29–34.

Vinueza, J. (2012). *Determinación del aporte de oxígeno disuelto en ambientes acuíferos por la relación simbiótica de Azolla sp. y Anabaena sp. Cayambe/2010.*

Zewdu, F., & Amare, M. (2018). *Determination of the level of hexavalent, trivalent, and total chromium in the discharged effluent of Bahir Dar tannery using ICP-OES and UV - VISIBLE spectrometry. 2007.*

Zumba, J. (2018). *Validación de métodos de ensayo para DQO, tensoactivos; y aceites y grasas en aguas, en el Laboratorio Ambiental y Consultoría Environovalab Cí. Latda.*

# ANEXOS