

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES
RENOVABLES

EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DE ACTIVIDADES DE
CURTIEMBRE CON ÉNFASIS EN CROMO HEXAVALENTE, EN EL
RÍO PICHAVÍ.

PLAN DE TRABAJO DE TITULACIÓN PARA OBTENER EL TÍTULO
DE INGENIERA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

AUTORA

ENRÍQUEZ BOLAÑOS VERÓNICA ELIZABETH

DIRECTORA

ING. LAYANA BAJAÑA ELEONORA MELISSA. MSc.

Septiembre-2021



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte de manera digital para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO		
CÉDULA :	100378036-6	
NOMBRES Y APELLIDOS:	Verónica Elizabeth Enríquez Bolaños	
DIRECCIÓN:	Av. Rodrigo de Miño y Calle "C"	
EMAIL:	veenriquezb@utn.edu.ec	
TELEFONO FIJO Y MOVIL:	062510123	0994932733

DATOS DE LA OBRA		
TÍTULO:	EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DE ACTIVIDADES DE CURTIEMBRE CON ÉNFASIS EN CROMO HEXAVALENTE, EN EL RÍO PICHAVÍ.	
AUTOR:	Verónica Elizabeth Enríquez Bolaños	
FECHA:	13 de septiembre del 2021	
SOLO PARA TRABAJO DE TITULACIÓN		
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PRESGRADO	<input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera en Recursos Naturales Renovables	
DIRECTOR:	Ing. Eleonora Layana MSc	

2. CONSTANCIA

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló sin violar derechos de autor de terceros; por lo tanto, la obra es original y es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que se asume la responsabilidad sobre el contenido de esta y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 13 de septiembre de 2021

EL AUTOR:



.....
Verónica Elizabeth Enriquez Bolaños

C.C.: 100378036-6

CERTIFICACIÓN

Ing. Melissa Layana MSc, directora de trabajo de titulación desarrollado por la señorita estudiante Enríquez Bolaños Verónica Elizabeth

CERTIFICA:

Que el Proyecto de tesis de grado titulado **EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DE ACTIVIDADES DE CURTIEMBRE CON ÉNFASIS EN CROMO HEXAVALENTE, EN EL RÍO PICHAVÍ**”, ha sido realizado en su totalidad por la señorita estudiante **Enríquez Bolaños Verónica Elizabeth** bajo mi dirección para la obtención del título de Ingeniera en Recursos Naturales Renovables. Luego de ser revisada, considerando que se encuentra concluido y cumple con las exigencias y requisitos académicos de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, autorizada su presentación y defensa para que pueda ser juzgada por el tribunal correspondiente.

ATENTAMENTE:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Melissa Layana', is written over a horizontal line.

Director del trabajo de titulación

Ing. Melissa Layana MSc.

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA - UTN

Fecha: 16 de septiembre del 2021

Verónica Elizabeth Enríquez Bolaños **EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DE ACTIVIDADES DE CURTIEMBRE CON ÉNFASIS EN CROMO HEXAVALENTE, EN EL RÍO PICHAVÍ;** Trabajo de titulación. Ingeniería en Recursos Naturales Renovables. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables. Ibarra, 16 de septiembre del 2021

DIRECTOR: Ing. Eleonora Layana MSc

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar la contaminación por actividades de curtiembre con énfasis en cromo hexavalente, en el río Pichaví mediante el análisis de parámetros fisico-químicos.



Ing. Eleonora Layana MSc

Director de trabajo de titulación



Verónica Elizabeth Enríquez Bolaños

Autor

DEDICATORIA

Esta investigación va dedicada en primer lugar a Dios que, por su infinito amor, bondad y misericordia, me dio la vida, sabiduría y paciencia para culminar este trabajo llenándome de fortaleza en cada obstáculo presentado.

A los pilares fundamentales en mi vida mis amados padres Reinaldo y Carmen por ser mi guía y apoyo durante toda mi vida los cuales me han motivado a llegar a culminar esta etapa, ser una profesional y persona de bien. A mis hermanos y sobrinos por quien quiero ser mejor día con día.

A mi hijo Lenin Gael quien se ha dado la vuelta a mi vida desde su llegada y el principal motivo de levantarme cada día a ser mejor y luchar por este objetivo.

A mis profesores quienes han impartido sus conocimientos cada día de mi formación profesional en especial a mi directora de tesis, por su tiempo, comprensión y apoyo incondicional para desarrollar este estudio

Por otro lado, quiero dedicar de igual manera a todos mis familiares, amigos y personas que caminan conmigo en el diario vivir, brindándome su apoyo incondicional desinteresado compartiendo muchas experiencias, consejos, pláticas, criterios y conocimientos que han sido de mucho valor para mí.

Verónica Elizabeth Enríquez Bolaños

AGRADECIMIENTO

Agradezco por sobre todas las cosas a Dios mi guía e inspiración del camino de mi vida, a mis padres Reinaldo y Carmen por todo su esfuerzo, dedicación y apoyo incondicional en cada objetivo y aventura trazada gracias por la confianza depositada en mi para alcanzar este objetivo, este logro es por y para ustedes.

Agradezco de manera especial a la Universidad Técnica del Norte por abrir sus puertas con el fin de formar profesionales capacitados para competir en el campo laboral.

A la Prefectura de Imbabura por abrir las puertas de su institución y brindar la oportunidad de realizar mi trabajo de titulación, a la Dirección de Ambiente en especial al Ing. Jorge Arturo Castro por la acogida, sus conocimientos, apoyo y por todas las facilidades prestadas para el desarrollo de la presente investigación.

Un agradecimiento a mis maestros y a todos quien conforma la carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables en especial a mi directora de Tesis Ing. Eleonora Layana quien compartió sus conocimientos y brindo todo su apoyo incondicional para lograr este objetivo.

Verónica Enríquez

ÍNDICE

RESUMEN	14
ABSTRACT	15
CAPITULO I	16
INTRODUCCIÓN	16
1.1 Planteamiento del problema y Justificación.....	19
1.2 Pregunta(s) directriz(ces) de la investigación	20
1.3 Objetivos	21
<i>1.3.1. Objetivo general</i>	21
<i>1.3.2 Objetivos específicos</i>	21
1.4 Hipótesis.....	21
CAPITULO II	22
REVISIÓN DE LITERATURA	22
2.1 Marco teórico referencial	22
2.1.1 Contaminación hídrica	22
2.1.2 Contaminación por metales pesados	22
2.1.3 Proceso de curtido de cuero	24
2.1.4 Impactos ambientales del proceso de curtido de cuero.....	27
2.1.5 Cromo.....	27
2.1.7 Efectos en la salud humana por Cromo Hexavalente	29
2.1.8 Parámetros Fisicoquímicos	29
2.2 Marco legal	31
2.2.1 Constitución de la República del Ecuador	31
2.2.2 Código Orgánico de Ambiente (COA)	32
2.2.3 Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD)	32
2.2.4 Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Uso y Aprovechamiento del Agua.....	33
2.2.6 Tratado Unificado de Legislación Ambiental, (TULSMA) libro VI.....	34

2.2.7 Ordenanza que regula el ejercicio de la competencia de la gestión ambiental en la provincia de Imbabura en calidad de autoridad ambiental de aplicación responsable (AAAr) ante el sistema único de manejo ambiental (SUMA)	36
2.2.7 Ordenanza regula el funcionamiento de la comisaría ambiental del gobierno autónomo descentralizado provincial de Imbabura.....	36
CAPITULO III.....	38
METODOLOGÍA	38
3.1. Descripción del área de estudio.....	38
3.2. Métodos.....	40
3.3 Materiales y equipos	43
CAPITULO IV	44
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
4.1 Identificación de los puntos de descargas que convergen con el río Pichaví...44	
4.2 Determinación de la calidad del agua del río Pichaví en base al análisis de parámetros físico químicos.	46
4.3 Propuesta de plan de acción para la recuperación del río Pichaví	64
CAPITULO V.....	71
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	71
5.1 Conclusiones	71
5.2 Recomendaciones.....	72
REFERENCIAS	73
ANEXOS	81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Tipos de contaminantes, procesos y fuentes que afectan la calidad del agua	23
Tabla 2.- Proceso de curtido de pieles, descargas y desechos producidos en el transcurso de cada etapa.....	25
Tabla 3.- Límite máximo permisible por organizaciones Internacionales	28
Tabla 4.- Materiales y equipos de la investigación	43
Tabla 5.- Valores medias para los parámetros analizados	46
Tabla 6.- Correlaciones significativas del resultado de regresiones entre variables.	63
Tabla 7 Talleres de capacitación para las industrias de cuero.....	65
Tabla 8.- Propuesta para los hallazgos en el río Pichaví.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Mapa del río Pichaví	38
Figura 2.- Actividades productivas del Cantón Cotacachi.....	40
Figura 3.- Mapa de descargas al Río Pichaví.....	44
Figura 4: Mapa por sectores de descargas al Río Pichaví.....	45
Figura 5.- Comportamiento de pH en los puntos de muestreo del Río Pichaví...	47
Figura 6.- Determinación de la conductividad eléctrica en los puntos de muestreo del río Pichaví	48
Figura 7.- Determinación de los SDT en los puntos de muestreo del río Pichaví	50
Figura 8.- Variación de temperatura en los puntos de muestreo del Río Pichaví comparados con los límites permisibles (LP) de descargas para un cuerpo de agua dulce.	51
Figura 9 .- Oxígeno disuelto en los puntos de muestreo del Río Pichaví	52
Figura 10 .- Porcentaje de OD registrado en los puntos de muestreo del Río Pichaví comparados con los límites permisibles (LP) de descargas para un cuerpo de agua dulce.	54
Figura 11 .- Variación de turbiedad registrado en los puntos de muestreo del Río Pichaví.....	55
Figura 12 .- DQO registrado en los puntos de muestreo del Río Pichaví. comparados con los límites permisibles (LP) de descargas para un cuerpo de agua dulce.	57
Figura 13 .- Variación de NO ₂ registrado en los puntos de muestreo del Río Pichaví comparados con los límites permisibles (LP) de descargas para un cuerpo de agua dulce.	58
Figura 14 .- Variación de NO ₃ registrado en los puntos de muestreo del Río Pichaví comparados con los límites permisibles (LP) de descargas de agua dulce.	60
Figura 15 .- Variación de Cr (VI) en los puntos de muestreo del Río Pichaví comparados con los límites permisibles (LP) de descargas para un cuerpo de agua dulce.	61
Figura 16.- Medición de variables insitu y toma de muestras para análisis exsitu	81

Figura 17.- Muestras para variables exsitu, bloque reactor para análisis de DQO, y turbidímetro para medir la turbiedad.....	81
Figura 18.- Socialización de la problemático entra Gobierno Provincial y GAD Santa Ana de Cotacachi	81
Figura 19.- Visita a curtiembre artesanal en Cotacachi.	82
Figura 20.- Piel curtida con sales de cromo en estado Wetblue	82
Figura 21.- Recorrido por las riberas del río Pichaví.....	83
Figura 22.- Toma de muestras con el equipo Técnico de la Universidad Técnica del Norte.....	83
Figura 23.- Toma de muestras con el equipo Técnico de la Prefectura de Imbabura.	84

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES
RENOVABLES

EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DE ACTIVIDADES DE
CURTIEMBRE CON ÉNFASIS EN CROMO HEXAVALENTE, EN EL
RÍO PICHAVÍ.

Anteproyecto del trabajo de titulación

Nombre del estudiante: Verónica Enríquez

RESUMEN

El río Pichaví ubicado en el Cantón Cotacachi, provincia de Imbabura, forma parte de la red fluvial de la cuenca del río Mira, se ve afectado por la contaminación generada por las actividades de curtiembre por lo cual se realizó el estudio con el fin de evaluar la presencia de cromo hexavalente en el río y el riesgo ambiental existente, desarrollado en tres etapas: 1) recorrido por las riberas del río en búsqueda directa de información, mediante la captura de puntos georreferenciados para obtener un registro de las descargas directas además de elaboración de cartografía. 2) toma de muestras en seis puntos definidos y análisis de parámetros físico químicos in situ pH, temperatura, conductividad, sólidos suspendidos, oxígeno disuelto, porcentaje de saturación oxígeno, y parámetros ex situ turbiedad, Demanda Química de Oxígeno y Cromo hexavalente aplicando métodos estandarizados por la agencia de protección ambiental de los Estados Unidos, para la interpretación de resultados se aplicó análisis de regresión, y prueba LDS Fisher además de comparaciones con la normativa legal vigente en el Ecuador; 3) Formular un plan de acción a seguir con las medidas correctivas a aplicar por parte de las autoridades ambientales. Se identificaron un total de veinte y siete descargas al río Pichaví, mediante el análisis de calidad de agua los parámetros: DQO, porcentaje de saturación oxígeno disuelto y cromo hexavalente demuestra no estar dentro de los límites permisibles según Tabla 2 del libro sexto del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica en criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces marinas y de estuarios.

Palabras clave: parámetros físico-químico, agua, plan de acción, legislación vigente, descargas.

ABSTRACT

The Pichaví river, located in Cotacachi canton, Imbabura province, is part of the fluvial network of the Mira river basin. It is affected by the contamination generated by tannery activities for which the study was carried out in order to evaluate the presence of hexavalent chromium in the river and the existing environmental risk, developed in three stages: 1) tour along the riverbanks in direct search of information, through the capture of georeferenced points to obtain a record of direct discharges in addition to mapping. 2) sampling at six defined points and analysis of physical and chemical parameters in situ pH, temperature, conductivity, suspended solids, dissolved oxygen, oxygen saturation percentage, and ex situ parameters such as turbidity, COD, and hexavalent chromium using methods standardized by the United States Environmental Protection Agency; regression analysis and the LDS Fisher test were used to interpret the results, as well as comparisons with Ecuador's current legal regulations; 3) action plan with corrective measures to be applied by the environmental authorities. A total of 27 discharges into the Pichaví River were identified; water quality analysis showed that the parameters COD, dissolved oxygen saturation percentage, and hexavalent chromium are not within the permissible limits according to Table 2 of the sixth book of the Unified Text of Secondary Legislation of the Ministry of the Environment Water and Ecological Transition in the admissible quality criteria for the preservation of aquatic and wild life in fresh marine and estuarine waters.

Key words: physical-chemical parameters, water, action plan, current legislation, discharges.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Revisión de antecedentes o estado del Arte

El ser humano para solventar sus necesidades requiere el aprovechamiento de los recursos naturales bióticos y abióticos disponibles en la naturaleza: suelo, agua y aire siendo los elementos con mayor uso para el desarrollo de las diferentes actividades (Moreno, Velasco y Torres, 2014). Las actividades productivas agrícolas e industriales para la generación de alimentos, vestimenta, calzado entre otras, causan impactos negativos en el ambiente y como consecuencia desde el desarrollo industrial se han generado grandes problemas ambientales como: el cambio climático, efecto invernadero, entre otros (Suárez y Molina, 2014).

Los principios que la Organización de las Naciones Unidas (ONU) dieron a conocer en la conferencia de Río de Janeiro se encuentran basados en la sustentabilidad para la armonía entre los tres ejes: el ser humano, la naturaleza y la economía; fomentando el equilibrio de cada una de las partes. Las medidas que se toman en los diferentes países para el control y mitigación de la contaminación producto de las diversas actividades humanas son mediante políticas y normas jurídicas con el fin de conseguir la regulación, sobre todo de las que generan un alto impacto en el ambiente (Varea, Barrera, Maldonado, Endara y Real, 1997).

La contaminación al recurso hídrico generalmente es de origen antrópico mediante las descargas que se realizan en los cuerpos de agua provenientes de la urbe, como son las aguas servidas que contienen una gran cantidad de materia orgánica estos pueden causar impacto ecológico, así como también efectos adversos sobre la salud a nivel cutáneo, digestivo, reproductivo, entre otros (Gordillo et al., 2010). El agua residual de origen industrial dependiendo de la actividad productiva, pueden presentar metales pesados; Se debe considera que de los 106 elementos químicos conocidos, 84 son metales, en consecuencia existe una alta posibilidad de

contaminación metálica en el ambiente, siendo una de las problemáticas más preocupantes, que causan la disminución del agua pura y disponible para las poblaciones afectando en un sitio específico o en una extensión más amplia (Hernández, 2015).

Se considera metales pesados a los elementos con peso atómico mayor a 20 y potencialmente tóxicos ya que se emplean en procesos industriales, tecnológicos, agropecuaria, minería y el uso indiscriminado en fertilizantes para la producción agrícola (Camacho y Ariosa, 1998). En el grupo de metales pesados se puede encontrar, entre otros elementos, Cadmio (Cd), Cobre (Cu), Plomo (Pb), Mercurio (Hg), Níquel (Ni), y Cromo (Cr), que incluso en bajas concentraciones pueden ser nocivos para las plantas y los animales (Londoño-Franco, Londoño-Muñoz y Muñoz-García, 2016). Los metales pesados no pueden ser degradados o destruidos, pueden ser disueltos por agentes físicos y químicos o ser lixiviados, por lo cual al incluirse en la cadena trófica, ésta se ve alterada, aumentando el riesgo potencial en la naturaleza y la sociedad, debido a que se originan diversos problemas de salud por bio-acumulación, las principales vías de introducción de estas sustancias son sistema digestivo, tegumentaria y respiratorio (García, Méndez, Pásaro y Laffon, 2010).

Estudios recientes reportan la presencia de metales pesados y metaloides como Mercurio (Hg), Arsénico (As), Plomo (Pb), Cadmio (Cd), Zinc (Zn), Níquel (Ni) y Cromo (Cr) en hortalizas entre ellas lechuga, repollo, calabaza, brócoli y papa expuestas a residuos de metales pesados presentes en el suelo del cultivo y aguas de riego afectadas (Li et al., 2015). Por consiguiente estudios en peces, carnes y leche se ha encontrado metales pesados que a consecuencia de la bio-acumulación en los alimentos ingeridos y movilidad desde el ambiente a las fuentes hídricas (Chen et al., 2013; Mohamed et al., 2011). El consumo de alimentos contaminados por metales pesados se ve reflejado en afecciones en la salud como es el caso de Japón en la década de los cincuenta por vertimientos de minería, y por otra parte de

casos de envenenamiento por Pb en México (Huang, Pan, Wu, Han y Chen, 2014; Li et al., 2015; Reyes, Vergara, Torres, Días y Gonzáles, 2016)

Cuando el cromo hexavalente Cr (VI) se acumula en el suelo se refleja un cambio en su alcalinidad. Dependiendo de los niveles de concentración va a ser la afectación sobre fauna, cuerpos de agua y ecosistemas en general, por tal razón a diversos organismos como: musgos líquenes, coleópteros terrestres y microorganismos acuáticos, se los toma como bio indicadores (Rodríguez, 2017).

El problema de la contaminación del ambiente por metales pesados radica en que su efecto es silencioso, no se ve de manera directa, y cuando el daño que los metales pesados producen es notorio, los efectos son irreversibles sobre desarrollo de formaciones cancerosas, que en el caso de sospechar riesgo de exposición y/o contaminación, se puede medir la concentración de metales mediante cromatografía por absorción atómica (Rocha, 2008).

Estudios realizados en Cr (VI) por el Departamento de Salud y Servicios Humanos (DHS, por sus siglas en inglés) en los Estados Unidos, la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC, por sus siglas en inglés) y la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) han determinado que dicho elemento es causante del desarrollo de enfermedades cancerígenas en seres humanos. Además, indica que los animales roedores de laboratorio experimentados a estas condiciones ha visto un desarrollo de tumores tanto en el sistema digestivo como en el respiratorio (Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades [ASTDR], 2012).

El Cr se puede encontrar en el aire, el suelo y el agua después de ser liberado de las industrias que lo usan (galvanoplastia, cuero curtido, producción textil y fabricación de productos de cromo). Este elemento también se puede liberar al ambiente desde la quema de gas natural, petróleo o carbón. Este elemento puede cambiar de una

forma a otra en el agua y el suelo, dependiendo de las condiciones físico-químicas como pH, Temperatura, carga de materia orgánica, entre otras que favorecen la reacción de óxido-reducción del elemento en el ambiente que se encuentre presente (ATSDR, 2012).

Candelaria, Villabona, y Jiménez en el año 2017 dieron a conocer que es posible remover el Cr (VI) con material orgánico adsorbente Así mismo Ortiz y Carmona (2015) evaluaron la factibilidad de recuperar el Cr residual del proceso de curtido mediante la precipitación con sosa cáustica (Hidróxido de sodio, NaOH) que al contener una disminución en la concentración de las aguas residuales aseguran que la técnica sea sostenible para la industria.

En el Ecuador, un estudio realizado por el Centro de Investigaciones Económicas y de la micro, pequeña y mediana Empresa publicado por el Ministerio de Industrias y Competitividad realizado en 2001, denominado “Análisis de competitividad de las artesanías del Ecuador” el sector cuero, generaba un total de 800 000 empleos, de los cuales se subdividen en curtiembres, producción de calzado, hormas, plantas y maquinaria, así como también en la comercialización de los productos generados. Las provincias de mayor actividad en este sector son Tungurahua, Imbabura, Azuay y Cotopaxi en orden descendente de producción (Oleas, 2011).

La investigación realizada por Medina (2010) en el sector de Ixabamba determinó Cr (VI) en la descarga de aguas residuales de una curtiembre, mediante el análisis de espectrofotometría de absorción atómica, durante el periodo de mayo a agosto del 2009, el resultado obtenido fue una concentración promedio de 160mg/L de Cr (VI) que al ser superior a los límites permisibles del Texto Unificado de Legislación Ambiental, se sugiere implementar un sistema de producción más limpia o la implementación de plantas de tratamiento con las especificaciones adecuadas para las descargas industriales con carga de metales pesados, con la finalidad de mitigar el impacto en el ambiente.

En la provincia de Imbabura Tituaña (2012) evaluó la situación de la gestión ambiental de las aguas residuales en el perímetro urbano de los cantones de la provincia, tomando como referencia al río Pichaví para el cantón Cotacachi en el cual determina que no hay cumplimiento de los parámetros físicos analizados de lo dispuesto en la normativa legal, debido a que las descargas de la población e industrias artesanales de curtiembre asentada en las riberas del área de estudio realizan un manejo inadecuado de la disposición final de los efluentes y residuos que son vertidas directamente a la red de alcantarillado de la ciudad, con posterior desembocadura al río Pichaví.

Resulta clave la evaluación del río Pichaví con énfasis en Cr (VI) debido a que en el proceso de la industria de curtiembres se utiliza sales de cromo, éste elemento como se ha mencionado con anterioridad, es nocivo para los seres humanos y los ecosistemas, que por cauce natural el río Pichaví se une a la red de cuencas fluviales del país terminando el recorrido en la salida al Océano Pacífico mediante el caudal del río Mira que por consecuencia puede generar otras posibles problemáticas en el transcurso como la contaminación del recurso suelo en el área de influencia del canal de riego en Salinas, por lo tanto es necesario realizar el estudio con el fin de aplicar la gestión ambiental correspondiente de prevención, control y mitigación de esta problemática.

La industria del cuero contempla un proceso que inicia con el sacrificio faenado del ganado, para seguir con el desuello del que se obtiene la piel, que es sometida a un proceso de curtación y terminado. De esta forma se entrega para la fabricación de productos de diversa índole como cinturones, calzado, vestidos y una gran variedad de productos de consumo (Corredor, 2006) El macroproceso de curtido, involucra el uso de sales de Cr como insumo; es por tal razón que desde el punto de vista ambiental resulta importante y determinante la concentración de este metal debido al volumen de materia prima, demanda del mercado local y cantidad de efluentes con alta carga contaminante generada con respecto a las descargas (Quishpe, 2016).

1.3 Pregunta directriz

¿Cuáles son las variables físico químicas que inciden en presencia de cromo hexavalente en el río Pichaví?

1.4 Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar la contaminación por actividades de curtiembre con énfasis en cromo hexavalente, en el río Pichaví el mediante análisis de parámetros físico-químicos.

1.4.2 Objetivos específicos

- Identificar los puntos de descargas en el río Pichaví
- Determinar la calidad del agua del río Pichaví en base al análisis de parámetros físico químicos.
- Proponer un plan de acción para el cumplimiento de límites permisibles en el río Pichaví

1.5 Hipótesis

Ho: El análisis de calidad de agua en el río Pichaví demuestra variación espacio temporal en presencia de cromo hexavalente

Ha: El análisis de calidad de agua en el río Pichaví no demuestra variación espacio temporal en presencia de cromo hexavalente

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Marco teórico referencial

Este capítulo contiene una recopilación bibliográfica de artículos científicos, libros y tesis de grado, que permitieron sustentar y conceptualizar información esencial relativa al trabajo de investigación

2.1.1 Contaminación hídrica

La liberación de sustancias tóxicas, gérmenes patógenos, materia orgánica o sustancias que demanden mucho oxígeno para su descomposición, sustancias solubles, elementos radioactivos, metales pesados, causan la contaminación hídrica en los océanos, lagos, arroyos, ríos aguas subterráneas y bahías (Tabla 1). Por ejemplo una carga con metales pesados, estos elementos se van a depositar en el fondo y estas acumulaciones interfieren con la condición de los ecosistemas acuáticos (Rashmi y Pratima, 2013).

2.1.2 Contaminación por metales pesados

Los metales son aquellos elementos más abundantes en la naturaleza que de los 118 elementos químicos conocidos 25 no pertenecen a este grupo, los metales se caracterizan por presentar ciertas propiedades como maleabilidad, buenos conductores de electricidad, ductilidad entre otras; los metales pesados además de poseer las características mencionadas se caracterizan por poseer una densidad mayor a 20 la cual hace que estos sean más difíciles de remover o ser imposibles de digerir por los seres vivos así como la alteración de agua, aire y suelo que funcionan como medio de transporte de los mismos y llegan a comprometer la salud humana y la seguridad alimentaria de la población (Reyes, Vergara, Torres, Días, y González, 2016).

Tabla 1.- Tipos de contaminantes, procesos y fuentes que afectan la calidad del agua

Contaminantes y procesos	Descripción	Fuentes
Contaminantes orgánicos	Se descomponen en el agua y disminuyen el oxígeno disuelto, induciendo la eutrofización.	Fuentes industriales, domésticas, asentamientos humanos
Nutrientes	Incluyen principalmente fosfatos y nitratos, su incremento en el agua induce a una eutrofización. Se originan de desechos humanos y animales, detergentes y escorrentía de fertilizantes agrícolas	Fuentes domésticas, industriales, escorrentía agrícola.
Metales pesados	Se originan principalmente alrededor de centros industriales y mineros. También pueden provenir de actividades militares o a través de lixiviados.	Fuentes industriales, mineras, asentamientos humanos, actividades militares.
Contaminación microbiológica	Desechos domésticos no tratados, criaderos de animales (E. coli, protistos, amebas, etc.).	Fuentes municipales.
Compuestos tóxicos orgánicos	Químicos industriales, dioxinas, plásticos, pesticidas agrícolas, hidrocarburos de petróleo, hidrocarburos poli cíclicos generados de la combustión del petróleo. Compuestos orgánicos persistentes (POP) como químicos disruptores endocrinos, cianotoxinas, compuestos órgano estánicos de pinturas antinrustantes.	Fuentes industriales, asentamientos humanos escorrentía agrícola
Químicos traza y compuestos farmacéuticos	Desechos hospitalarios, son sustancias peligrosas no removidos necesariamente por los tratamientos convencionales y han sido reconocidos con disruptores endocrinos y carcinogénicos.	Industria química y farmacia
Partículas suspendidas	Pueden ser orgánicas o inorgánicas y se originan principalmente de prácticas agrícolas y del cambio en el uso de la tierra, como deforestación, conversión de pendientes en pastizales originando erosión.	Industria, asentamientos humanos, escorrentía agrícola y cambios en el uso de la tierra.
Desechos nucleares	Incluye una gama amplia de radio núcleos utilizados en fines pacíficos.	Plantas nucleares, fallout radioactivo, ensayos nucleares, desechos hospitalarios, desechos industriales
Salinización	Se produce por la presencia de sales en los suelos y drenajes inadecuados. También ocurre por afloramiento de agua proveniente de zonas altas, donde se riega (lavado de sales).	Presencia de sales en los suelos, la que aflora por carecerse de un buen drenaje, irrigación con agua salobre, agua de yacimientos secundarios de petróleo.
Acidificación	Está relacionada con un pH bajo del agua dado por la deposición sulfúrica producida por la actividad industrial y por las emisiones urbanas.	Fuentes industriales y fuentes municipales.

Fuente: Kraemer, Choudhury y Kampa (2001)

2.1.3 Proceso de curtido de cuero

La transformación de pieles obtenidas de los rechazos de la industria cárnica de animales bovinos, porcinos y ovinos se denomina curtido o curtición con el fin de obtener la materia prima para la fabricación de carteras, zapatos y una amplia diversidad de productos de alta demanda por la población debido a su estética y durabilidad de los mismos.

El proceso de curtido según el Estudio de potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador realizado por Ministerio del Ambiente (2012) detallado en Tabla 2:

Tabla 2.- Proceso de curtido de pieles, descargas y desechos producidos en el transcurso de cada etapa

PROCESO DE CURTIDO	DESCRIPCIÓN	DESCARGAS Y DESECHOS PRODUCIDOS
Recepción de la materia prima	El contenido de humedad de las pieles crudas es alto y puede tener serios defectos por lo que inicialmente se realizan inspecciones visuales con el fin de cumplir los requisitos de calidad requeridos para evitar la degradación aumentar el rendimiento y defectos en el producto final.	Agua residual del escurrido de la humedad en la piel Piel rechazadas
Pre-Tratamiento	Pese las pieles y clasifíquelas por tamaño y tipo. Posteriormente se continua cortando la parte del cuello la cola y extremidades se lava la piel para reponer la humedad y eliminar los residuos de sangre excrementos y otra suciedad contenida.	Aguas residuales Residuos sólidos de cortes de piel Envases vacíos de químicos (hipoclorito de sodio y detergentes)
Curado y Desinfectado:	Las pieles crudas se curan salándolas o secándolas. El método más común es usar sal de dos maneras: salazón húmeda o curado con sal muera. El curado con sal muera es el más rápido por lo que es el método más utilizado consiste en poner la piel en un balde grande lleno de desinfectante bactericida y una solución de sal saturada. Se agita con el fin de mejorar el contacto entre la piel y la solución después de 16 horas en el tanque de agua la piel absorberá completamente la sal.	Agua residual, residuos sólidos de tejidos subcutáneos y adiposo Envases vacíos de químicos (ácido fémico, ácido bórico, sulfato de sodio, bicloruro de mercurio)
Pelambre	Luego de haber puesto a escurrir el agua del paso anterior se procede a eliminar el pelo y la epidermis; además se sumergen en una solución de sulfuro de sodio y cal con constante agitación ablandar las fibras de colágeno aumentando los puntos de reacción en la piel.	Agua residual Residuos sólidos de epidermis y pelaje Envases vacíos de químicos (Cal, cloruro de sodio)
Desencalado	En este paso consta de lavar las pieles con abundante agua con la finalidad de eliminar la cal contenida entre las fibras de las mismas quitar las escamas entre fibrillas desinflar la piel ajustar el pH además es indispensable el uso de varios ácidos como sulfúricos clorhídrico fórmico bórico así como el uso de otras sales para lograr la neutralización del agua y la piel.	Agua residual Residuos sólidos de piel Envases vacíos de químicos (ácido sulfúrico, clorhídrico, láctico, fórmico, bórico, sales de amonio, bisulfito de sodio, peróxido de hidrogeno, azucares y melazas, ácido su ftálico)
Descarnado	La piel se somete a esta operación mecánica para eliminar la carne la grasa y los fragmentos de piel dañados esto se hace en el pelador el cual tiene hojas en espiral que separan el tejido adiposo y los fragmentos de músculo para dejar la superficie de la piel limpia y uniforme.	Agua residual Residuos sólidos de tejidos subcutáneo y adiposo
Desengrase	Este paso se realiza debido a que la grasa impide un buen bronceado para lo cual se sumerge la piel en una solución con detergente y posterior se realiza una limpieza con cloruro de amonio para lograr un homogeneidad tesura y mayor elasticidad.	Agua residual Envases vacíos de químicos (monoclorobenceno, percloroetileno, cloruro de amonio, detergente)

Piquelado	El propósito de este proceso es acidificar la piel a un cierto pH antes del curtido con sales de cromo aluminio o a base de vegetales; como resultado; para este proceso se utiliza abundante agua ácido fórmico y ácido sulfúrico.	Aguas residuales Envases vacíos de los productos químicos (ácido fórmico, ácido sulfúrico)
Curtido	Es el proceso de transformar la piel en cuero se pueden utilizar agentes curtientes vegetales o sales de cromo. Sin embargo, existen otros agentes curtientes como el alumbre el circonio el formaldehído y otros compuestos sintéticos como la melanina-urea el estireno y el anhídrido maleico. este procedimiento se realiza con el fin de impedir la putrefacción del cuero mejorar su apariencia y propiedades físicas asegurando la estabilidad química y biológica del mismo.	Aguas residuales
Curtido al cromo	Representa el 80% de la producción total de cuero del mundo sin embargo es el que mayor contaminación genera en el proceso se involucran sales de cromo en estado trivalente que permite estabilizar el colágeno de la piel entrando en una etapa denominada wetblue (cuero wetblue) posteriormente según las características solicitadas entra en el proceso de secado. El cromo que no es absorbido en el proceso es reutilizado o eliminado mediante grandes volúmenes de agua sin embargo por las condiciones este entra a un estado de óxido-reducción el cual termina con una valencia hexavalente en su mayoría.	Envases vacíos de los productos químicos (sales de cromo y ácido clorhídrico)
Curtido con agentes vegetales)	Es uno de los métodos más antiguo en la historia de la humanidad a base de una planta que contiene sustancias curtientes vegetales llamadas "taninos" los cuales se encuentran en los troncos y ramas de ciertos vegetales , frutas, vainas, hojas, raíces, jugos y la corteza de la madera existen más de 400 variedades a emplear para la producción de cueros curtidos hasta el comienzo de la industria del curtido al cromo.	Envases vacíos de los productos químicos (alumbre)
Secado	Posterior al curtido se coloca las pieles sobre superficies de vidrio para que eliminen el agua retenida a una mayor velocidad.	Condensados de vapor
Engrasado	Se lo realiza para evitar que la piel se cuartee y hacerlo más suave , fuerte y flexible, mediante el recubrimiento con aceites elevando la calidad de la materia prima.	Potenciales derrames de aceite y envases vacios de aceites.
Planchado y clasificación	Se usan maquinarias rotativas , de mesa o de prensado las cuales otorgan un brillo singular a cada una de las piezas para clasificarlas según el tamaño, color y calidad.	Condensados de vapor
Almacenamiento	Según su clasificación son almacenadas en un lugar con buena ventilación y mínima exposición a la humedad y luz solar para su comercialización o manufactura.	

Fuente: MAE (2012)

2.1.4 Impactos ambientales del proceso de curtido de cuero

En el proceso de curtido se emplean alrededor de 1000 litros de agua por cada pieza de piel, por lo cual se generan grandes volúmenes de descargas vertidos en el proceso con carga de diferentes químicos empleados ya que es necesario alrededor de 500Kg de productos químicos para el procesamiento de una tonelada de cuero curtido y se estima que se aprovecha apenas el 20% del peso de piel cruda (Greenpeace, 2012). Las descargas de curtiembres son lanzadas a la red de alcantarillado si las descargas contaminantes contienen sustancias tóxicas como el cromo y es lanzada en lugares donde no existen plantas de tratamiento, estos contaminantes afectan la calidad del cuerpo receptor causando deterioro en los seres vivos y ecosistemas (García y Gutierrez, 2006).

2.1.5 Cromo

El cromo es un elemento natural que lo podemos encontrar en rocas, animales, plantas y el suelo en estado sólido, líquido o gas, químicamente es metal pesado presenta como neutro, trivalente y hexavalente (Cr (0), Cr (III) y Cr (VI)) considerado al último el más tóxico (Otiniano et al., 2007). Además, este tipo de elementos forma parte del ciclo biológico por el cual las sustancias disueltas en el agua se concentran en un órgano, un organismo vivo, una cadena alimenticia o un ecosistema (World Meteorological Organization y UNESCO, 1998). Los efectos pueden presentarse de manera lenta y silenciosa sin poder detectarse, hasta un determinado nivel donde los efectos se evidencian y producen cambios irreversibles en los organismos por efecto cascada (Fernández, 2012).

El Cr se puede encontrar en el aire, el suelo y el agua; puede liberarse al ambiente por la quema de gas natural, petróleo o carbón (Coreño, Tomasini y Reyna, 2010); se puede encontrar en muchos productos de consumo como madera preservada con sales de dicromato de cobre de arsénico o boro en combinación con cobre conocidas por sus siglas CCA y CCB, cuero curtido con sulfato crómico, y utensilios de cocina de acero inoxidable y reemplazos de cadera metal sobre metal entre otros (Higuera, Arroyave y Flores, 2009)

Los seres vivos que están con frecuencia a la exposición de cromo en su estado hexavalente se han visto afectados con problemas adversos a la salud debido a que este promueve diferentes efectos a nivel bioquímico, estructural y funcional mediante la generación de radicales libres por procesos de estrés oxidativo (Netzahuatl-Muñoz, Cristiani-Urbina y Cristiani-Urbina, 2010).

2.1.6 Límites máximos permisibles a nivel internacional para Cromo Hexavalente

Instituciones internacionales como la Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA, por sus siglas en inglés), el Instituto Nacional de Salud y Seguridad Ocupacional (NIOSH), la Administración de Drogas y Alimentos (FDA, por sus siglas en inglés), EPA y ATSDR al tener conocimiento del peligro que representa el Cr (VI) en la salud humana han desarrollado reglamentos con límites máximos permisibles para estas sustancias expuesto en (Tabla 3), cabe recalcar que no pueden imponerse por la ley en el Ecuador (García, 2014).

Tabla 3.- Límite máximo permisible por organizaciones Internacionales

INSTITUCIÓN	CONCENTRACIÓN DE CROMO HEXAVALENTE
EPA	La exposición a más de 1 mg/L en el agua potable durante 1 ó 10 días causará efectos adversos en un niño.
FDA	Los niveles de cromo en el agua en botella no deben exceder 0.1 mg/L.
USEPA	LMP es de 0.1 mg/L para agua potable
OSHA	Establece límites legales en el aire del trabajo de 0.0005 mg/m ³ para cromo (VI), 0.5 mg/m ³ para cromo (III) y 1.0 mg/m ³ para cromo (0) como promedios durante una jornada diaria de 8 horas.
Canadá (NHW)	LMP 0.05 mg/L para agua potable Internacional.
Internacional (WHO)	LMP 0.05 mg/L para agua potable
México Nom-001-SEMARNAT-1996	LMP promedio al mes es de 0.5 mg/L y el LMP promedio al día es 0.75 mg/L.

Fuente: (ATSDR, 2012)

2.1.7 Efectos en la salud humana por Cromo Hexavalente

Las causas de salud más frecuentes según lo expuesto por Becerra, Soria, Jaramillo, y Moreno (2014) son:

- **Hepatotoxicidad** debido a que es un xenobiótico potencialmente tóxico para el hígado y la exposición ocupacional y ambiental a compuestos de cromo es causa de alteraciones del funcionamiento hepático (Becerra et al., 2014).
- **Nefrotoxicidad** el cromo causa efectos nefrotóxicos desde el punto de vista bioquímico, estructural y funcional siendo otro de los órganos blancos de afectación el riñón (Becerra et al., 2014).
- **Neurotoxicidad:** los seres humanos al estar en frecuente exposición a metales pesados como el cromo en su estado hexavalente, se han visto afectados por la aparición de neuropatías en sus organismos (Becerra et al., 2014; Calderón et al., 2013).
- **Cáncer:** la frecuencia de exposición a cromo se ha visto un incremento en la incidencia de diversas patologías provocadas por ese metal, es el saber que algunos de estos agentes promueven alteraciones en el ADN. El Cr (VI) es un carcinógeno humano de relevancia. Los mecanismos mediante los cuales el cromo induce mutagenicidad y carcinogenicidad aún no están dilucidados (Becerra et al., 2014).

2.1.8 Parámetros Físicoquímicos

Los parámetros físico químicos se obtienen información extensa de la naturaleza de las especies químicas del agua y sus propiedades físicas, sin aportar información de su influencia en la vida acuática mediante la aplicación de métodos y equipos normalizados, con objeto de conocer si el valor de estos parámetros se encuentra dentro del intervalo que marca la legislación vigente (Samboni, Carvajal y Escobar, 2007) entre los parámetros se encuentran los siguientes:

- **Sólidos Totales:** El agua puede contener tanto partículas en suspensión como compuestos solubilizados, definiéndose la suma de ambos como Sólidos Totales (STD) (Aznar, 2000).
- **Temperatura:** La temperatura del agua tiene una gran importancia en el desarrollo de los diversos procesos que en ella se realizan, de forma que un aumento de la temperatura modifica la solubilidad de las sustancias, aumentando la de los sólidos disueltos y disminuyendo la de los gases (Aznar, 2000).
- **Oxígeno disuelto (OD):** Es un parámetro indicativo de la calidad de un agua. Se determina “in situ” mediante electrodo de membrana o por yodometría fijando el oxígeno con sulfato de magnesio, expresándolo como mg/L de oxígeno disuelto en la muestra de agua.
- **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** determina la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica en una muestra de agua, bajo condiciones específicas de agente oxidante, temperatura y tiempo (Rodríguez, 2007).
- **Acidez (pH):** Es una medida de la concentración de iones hidronio (H_3O^+) en la disolución. Se determina mediante electrometría de electrodo selectivo (pH metro) (APHA, AWWA y WPCF, 1992; Aznar, 2000)
- **Conductividad (Λ):** El agua pura se comporta como aislante eléctrico, siendo las sustancias en ella disueltas las que proporcionan al agua la capacidad de conducir la corriente eléctrica. (APHA et al., 1992; Aznar, 2000)
- **Amoníaco (NH_3), nitritos (NO_2^-) y nitratos (NO_3^-):** El amoníaco es uno de los compuestos intermedios formados durante la biodegradación de los compuestos orgánicos nitrogenados (aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, etc.) que forman parte de los seres vivos, y junto con el nitrógeno orgánico es un indicador de que un curso de agua ha sufrido una contaminación reciente (APHA et al., 1992; Aznar, 2000)

2.2 Marco legal

2.2.1 Constitución de la República del Ecuador

Según lo establecido en la carta magna de la República del Ecuador vigente desde el año 2008, se expide en el Título I, Art 14 expone que el Estado reconocerá el buen vivir de la población y es de interés público la preservación, prevención y recuperación del ambiente, además de promover en los diferentes sectores el uso de tecnologías limpias y energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto perjudiciales para los ecosistemas dentro del territorio nacional.

El Título II de derechos en el capítulo séptimo de los derechos de la naturaleza, los artículos 71, 72 y 73 el Estado promueve el respeto integral, mantenimiento de todos los procesos que existe en la Pacha Mama en referente a todos sus elementos y se adoptará medidas de precaución, mitigación, restricción y restauración para todas las actividades que puedan tener las consecuencias ambientales o alteración en los ciclos naturales, en favor al desarrollo sostenible determinado en el Art 83 que indica es de responsabilidad de todos los ciudadanos utilizar de modo racional los recursos naturales respetando los principios ambientales expuestos en el Art 395 entre ellos la garantía de un modelo equilibrado que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración mediante políticas de gestión ambiental como eje transversal en la ejecución y control de todas las actividades que generen impactos al ambiente a corto, mediano y largo plazo.

En el Título VII expone en el Art 397 acerca de los daños ambientales, menciona que el Estado actuará de manera inmediata con prioridad de la salud y recuperación de los ecosistemas aplicando las sanciones correspondientes en contra del operador de la actividad que causa daño con obligatoriedad de reparación integral en lo que establezca la ley con el fin de garantizar el derecho individual y colectivo del Sumak Kawsay

2.2.2 Código Orgánico de Ambiente (COA)

En el libro III sobre calidad ambiental indica en el Art 159 que es de carácter sistémico de las normas ambientales y se deberán tomar en consideración las características de cada actividad y los impactos que ellas generan. Por lo tanto, mediante los Art 199 y Art 200 las acciones de control y seguimiento por parte de la autoridad ambiental competente deberá controlar que se lleve a cabo las medidas para prevenir, evitar y reparar los impactos o daños ambientales que pueda causar una actividad.

En el Art 201 para control y seguimiento de evaluación de contaminación de una actividad es necesario aplicar un monitoreo señalando puntos de muestreos estratégicos, inspecciones, informes ambientales de cumplimiento, auditorías ambientales, vigilancia ciudadana o comunitaria; y otros mecanismos que establezca la autoridad ambiental competente, además en el Art. 208, 209, y 210 indica que todos los operadores son los responsables de las emisiones, descargas y vertidos, y será regularizado por los mecanismos de control y seguimiento bajo el protocolo de la normativa técnica pertinente.

2.2.3 Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD)

En el capítulo II trata de los gobiernos autónomos descentralizados provinciales en la sección I denominado naturaleza jurídica, sede y funciones el Art. 41 indica las funciones que implica promover el desarrollo sustentable de su circunscripción territorial provincial correspondiente, para garantizar la realización del buen vivir mediante de la implementación de políticas públicas provinciales, además ejecutar las competencias exclusivas y concurrentes reconocidas por la Constitución y la ley y, en dicho marco, prestar los servicios públicos, construir la obra pública provincial, fomentar las actividades provinciales productivas, así como las de vialidad, gestión ambiental, riego, desarrollo agropecuario y otras que le sean expresamente delegadas o descentralizadas, con criterios de calidad, eficacia y eficiencia.

En el Art. 42 las competencias exclusivas del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial son ejecutar, en coordinación con el Gobierno Regional y los demás Gobiernos Autónomos Descentralizados, obras en cuencas y micro cuencas; mediante la gestión ambiental provincial para planificar, construir, operar y mantener sistemas de riego de acuerdo con la Constitución y la ley; sin embargo en el Art 136 denominado ejercicio de las competencias de gestión ambiental los Gobiernos Autónomos Descentralizados Parroquiales Rurales promoverán actividades de preservación de la biodiversidad y protección del ambiente dentro de la circunscripción territorial al cual pertenezca mediante programas y/o proyectos de manejo sustentable de los recursos naturales, además los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales establecerán, sistemas de gestión integral de desechos, con el fin de eliminar los vertidos contaminantes en ríos, lagos, lagunas, quebradas, esteros o mar, aguas residuales provenientes de redes de alcantarillado, público o privado.

2.2.4 Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Uso y Aprovechamiento del Agua

Publicada mediante el Registro Oficial 570 el 21 de agosto del 2015 indica en el Art 4 basada en los principios de integrar todas las aguas ya sean superficiales, subterráneas o atmosféricas dentro del ciclo hidrológico, definiendo al agua como el recurso natural que debe ser protegido y conservado mediante una aplicación de gestión sostenible en el que el Estado garantice la gestión integral y participativa del recurso.

Con el fin de garantizar la gestión del recurso hídrico se expone en el título cinco lo que se considera infracciones, sanciones, y responsabilidades de diferente magnitud considerando al Art 150 en la que clasifica a las sanciones en leves, graves y muy graves de las cuales en el Art 151 considera como infracciones muy graves a verter aguas contaminadas sin tratamiento en el dominio hídrico público y acumular residuos sólidos, metales pesados, o sustancias q puedan contaminar el dominio hídrico, suelo o aire.

2.2.5 Reglamento al Código Orgánico de Ambiente

En el Reglamento se desarrolla y estructura la normativa necesaria para dotar de aplicabilidad a lo dispuesto en el Código Orgánico del Ambiente el cual dispone en el capítulo III de mecanismos de control y seguimiento de la calidad ambiental art 487 menciona que las inspecciones de proyectos, obras o actividades para ejecutar el control y seguimiento ambiental deberán ser realizadas por funcionarios de la Autoridad Ambiental Competente la cual podrá tomar muestras de las emisiones, descargas y vertidos, inspeccionar el área de intervención y solicitar las autorizaciones administrativas ambientales correspondientes, así como cualquier otra información que se considere necesaria en función del marco legal aplicable, el plan de manejo ambiental o las condicionantes de la autorización administrativa ambiental otorgada; culminando con el acta correspondiente en la cual debe constar los hallazgos de la inspección mediante un informe técnico.

El capítulo IV de hallazgos señala en el art 498 que los hallazgos pueden ser conformidades, No conformidades y establecidos en el Código Orgánico Ambiental, este Reglamento y demás normativa Observaciones, mismas que son determinadas por los mecanismos de control y seguimiento ambiental; las no conformidades y observaciones determinadas deberán ser subsanadas por el operador, mediante el respectivo plan de acción el cual según el art 506 debe contener: Hallazgos, medidas correctivas, cronograma que indique las fechas de inicio y finalización de las medidas correctivas a implementarse, incluyendo responsables y costos, indicadores y medios de verificación e instrumentos de avance o cumplimiento del plan.

2.2.6 Tratado Unificado de Legislación Ambiental, (TULSMA) libro VI

Reformado mediante el acuerdo ministerial 061 la cual contiene la norma técnica de calidad ambiental y descargas de efluentes en el recurso hídrico en la cual es dictada bajo el amparo del código orgánico ambiental y somete a las disposiciones de este siendo de aplicación obligatoria en el territorio nacional.

La norma establece las normas técnicas permisibles, disposiciones y prohibiciones de las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado para todo tipo de actividad que se realice, además los criterios de calidad de aguas para los diferentes usos que se le dé al recurso para lo cual se aplica métodos y procedimientos para determinar la presencia de los diferentes contaminantes. Los límites permisibles de descarga el sistema de alcantarillado de la cual para Cr (VI) se detallado en la tabla 8 es 0.5 mg/l.

La reforma de las tablas de límites permisibles mediante acuerdo ministerial 097-A indica que los monitoreos de la calidad en cuerpos de agua se realiza mediante seguimiento sistemático a través de muestreo con el fin de evaluar los parámetros de calidad de agua relevantes, además ésta es necesaria controlar para la preservación de la vida acuática y silvestre, la cual puede emplearse en actividades destinadas a mantener la vida natural de los ecosistemas asociados, sin causar alteraciones en ellos, o para actividades que permitan la reproducción, supervivencia, crecimiento, extracción y aprovechamiento de especies bio acuáticas en cualquiera de sus formas, tal como en los casos de pesca y acuicultura. El acuerdo contiene en la tabla 2 de los criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios en el cual indica el limite permisible de 0.032mg/l para el cromo total que se puede descargar en y estar presente en los cuerpos de agua dulce del país.

El artículo 261 menciona las acciones implementadas para los incumplimientos a la normativa legal se registrará en base a un plan de acción con el fin de corregir los hallazgos, y plantear estrategias para corregirlos, además del cronograma con el cual se implementarán las mismas que serán comprobadas con indicadores y medios de verificación presentado por el sujeto de control.

2.2.7 Ordenanza que regula el ejercicio de la competencia de la gestión ambiental en la provincia de Imbabura en calidad de autoridad ambiental de aplicación responsable (AAAr) ante el sistema único de manejo ambiental (SUMA)

Con el fin de garantizar el cabal cumplimiento del ejercicio de la competencia de la gestión ambiental a través de la regularización, control y seguimiento ambiental, de conformidad con lo que establece la normativa ambiental vigente para velar por el cumplimiento de la normativa ambiental a través de la prevención, control y seguimiento ambiental que establece la normativa y la Autoridad Ambiental Nacional además, establecer el marco institucional y de gestión de la potestad sancionadora de las infracciones ambientales conforme determina la normativa ambiental y demás normas conjuntamente debe existir una coordinación con las instituciones públicas y privadas, el ejercicio eficiente de la competencia de la gestión ambiental y finalmente coadyuvar a garantizar los derechos de la naturaleza y de los ciudadanos a vivir en un ambiente sano libre de contaminación como señala la Constitución de la República del Ecuador.

2.2.7 Ordenanza regula el funcionamiento de la comisaría ambiental del gobierno autónomo descentralizado provincial de Imbabura

Expresa que la Comisaría Ambiental Provincial tiene la facultad sancionadora por infracciones en materia ambiental además de determinar la responsabilidad administrativa por infracciones ambientales bajo el marco del ejercicio de la gestión ambiental el Gobierno Provincial de Imbabura en calidad de Autoridad ambiental de aplicación responsable (AAAr) es el responsable de aplicar el ordenamiento jurídico provincial y nacional.

Entre sus atribuciones se encuentra imponer las sanciones por infracciones ambientales de conformidad con lo que establece normativa ambiental vigente; receptor, conocer, investigar y resolver las denuncias ambientales por infracciones ambientales en el ámbito del ejercicio de la competencia de la gestión ambiental; asesorar a la institución en materia ambiental respecto al ejercicio de la competencia

de la gestión ambiental además de disponer, ratificar, modificar o extinguir medidas cautelares o medidas preventivas provisionales en la sustanciación de los procesos administrativos sancionatorios

2.2.7 Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 “Toda Una vida”

De acuerdo a lo establecido en la Constitución de la república del Ecuador 2008 los art. 280 y 293 establece que las políticas, programas y proyectos públicos se formularán en base al Plan Nacional de desarrollo con carácter obligatorio para lo cual se trazan nueve objetivos nacionales con el fin alcanzar una sociedad más justa, equitativa y solidaridad basados en tres ejes: Derechos para Todos Durante Toda la Vida, Economía al Servicio de la Sociedad y Más sociedad, mejor Estado.

En el eje Derechos para Todos Durante Toda la Vida se halla el objetivo 3: Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones del cual establece políticas a favor de conservar, recuperar y regular el aprovechamiento del patrimonio natural y social, rural y urbano, continental, insular y marino-costero, que asegure y precautele los derechos de las presentes y futuras generaciones, además promover buenas prácticas que aporten a la reducción de la contaminación, la conservación, la mitigación y la adaptación a los efectos del cambio climático, e impulsar las mismas en el ámbito global; para lo cual se impulsa en incentivo para la producción y consumo ambientalmente responsable, con base en los principios de la economía circular y bio-economía, fomentando el reciclaje y combatiendo la obsolescencia programada; y finalmente liderar una diplomacia verde y una voz propositiva por la justicia ambiental, en defensa de los derechos de la naturaleza.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Descripción del área de estudio

El río Pichaví se encuentra ubicado en el cantón Cotacachi en la provincia de Imbabura. Es el cantón más extenso de los seis que forman parte de esta provincia, con una superficie de 1687.12 km² aproximadamente. Limita al norte con el cantón Urcuquí, al sur con el cantón Otavalo y la provincia de Pichincha, al este con el cantón Antonio Ante y al oeste con la provincia de Esmeraldas (Figura 1).

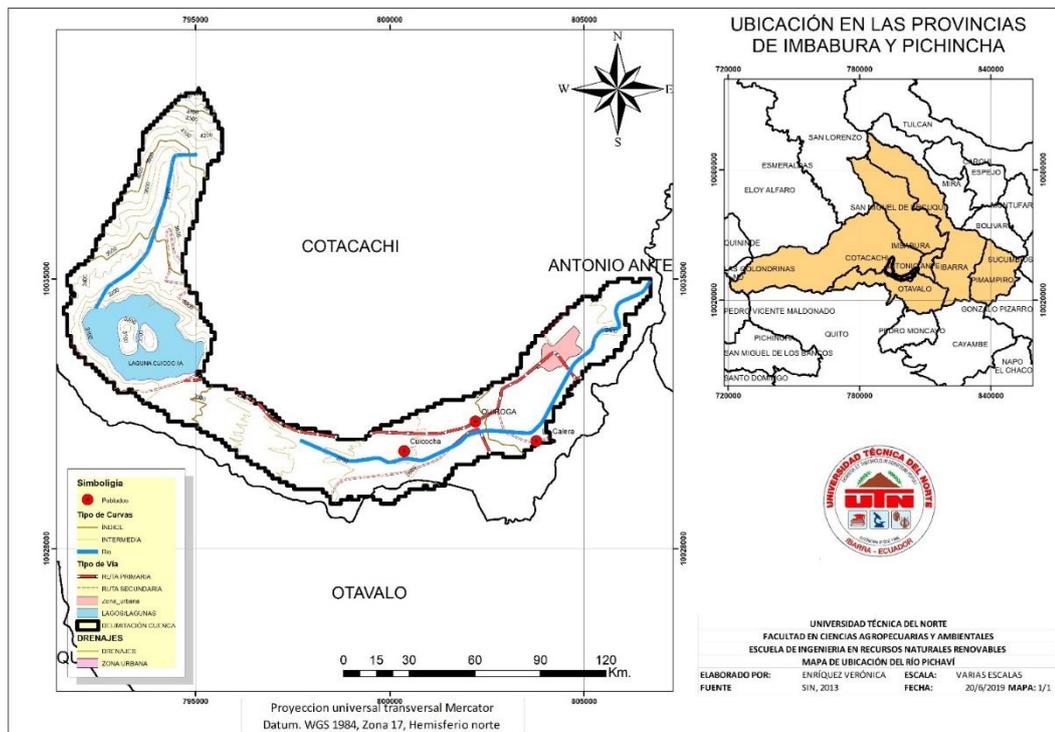


Figura 1.-Mapa del río Pichaví

El cantón Cotacachi presenta cuatro tipos de climas bien marcados como son el clima ecuatorial de alta montaña, tropical mega térmico húmedo y ecuatorial mesotérmico semi húmedo por estar en convergencia de las provincias de Esmeraldas e Imbabura. Presenta una geografía es muy variada, con alturas que van desde los 4 939 a 1 600 m.s.n.m. (Morales, 2013).

En 2010 de acuerdo al uso actual del suelo se determinó que en el cantón posee áreas de Conservación y Protección (97 094 has) que representa el 57.42%; Áreas de Patrimonio de Área Natural del Estado PANE (30 819.31 has) con 18.23%; Pecuarias (20 507.78 has) con 12.13% y Agrícola (7 594.14 has) con 4.49% del área total del cantón. Datos que han sido determinados en base a los criterios de selección de los suelos por la capacidad de uso impuesto por el sistema USDA (United States Department of Agriculture) o también denominado “ocho clases” considerados como la directriz de todos los sistemas de clasificación mundial (GAD Santa Ana de Cotacachi, 2015).

Dentro del cantón Cotacachi se encuentra el Parque Nacional Cotacachi-Cayapas (PNCC) que presenta una gran biodiversidad en cuanto a flora clasificado mediante el sistema de Zonas de Vida de Holdridge (1971), el Parque Nacional abarca 11 zonas de vida, que representan el número más alto para todas las Áreas Protegidas del país: bosque húmedo tropical, bosque muy húmedo tropical, bosque muy húmedo pre montano, bosque pluvial pre montano, bosque húmedo montano bajo, bosque muy húmedo montano bajo, bosque húmedo montano, bosque muy húmedo montano, bosque pluvial montano, bosque muy húmedo subalpino, bosque pluvial subalpino; por lo que se puede considera a Cotacachi como un cantón mega diverso, con un paisaje accidentado, los ríos y bosques vuelven a este un sitio muy atractivo y singular, siendo una zona de transición entre bosques andinos y subtropicales.

En cuanto a flora el parque posee un total de 2 107 especies que es el 13.8 % del número total de las plantas vasculares (15 306 especies) registradas en el catálogo para Ecuador. El número registrado de familias es de 254 nativas, de las cuales 163 conforman la base de datos de la flora de la PNCC y ZAM; es decir, el 64.2 % del total de familias nativas del país se encuentran en esta área protegida.

Los datos de fauna para el Parque Nacional Cotacachi-Cayapas en cuanto a ictiofauna del área abarcan cuatro órdenes, 19 familias y 39 especies, de las cuales 10 familias y 22 especies están en la PNCCC y 17 familias y 36 especies en la ZAM. De herpetofauna se reporta total de 124 especies de anfibios y 111 especies de

reptiles. En cuanto a aves que potencialmente habitan o visitan el área asciende a 841 especies y las especies de mamíferos registrados dentro en el parque son 139 pertenecientes a 12 órdenes.

Según el censo poblacional del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2010) el cantón cuenta con 40 036 habitantes. La actividad económica más realizada es la agricultura, pesca, silvicultura y ganadería sin dejar a un lado las industrias manufactureras entre ellas la más ejercida es la curtiembre y la producción de diversos productos del cuero (Figura 2).

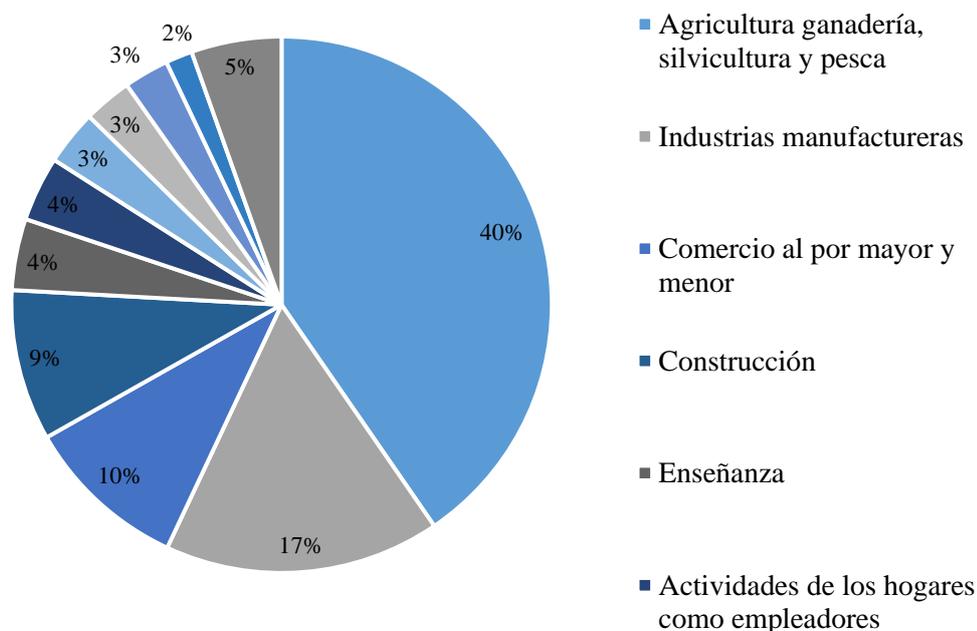


Figura 2.- Actividades productivas del Cantón Cotacachi

Fuente: INEC - Censo de Población y Vivienda 2010

3.2. Métodos

Para lograr los objetivos planteados se estableció la siguiente metodología basada en la norma Internacional ISO 14031 registrada en el Ecuador en la Norma INEN 2176 denominada agua, calidad de agua, muestreo, técnicas de muestreo aplicada desde 1998.

Fase 1.- Identificación de los puntos de descargas que desembocan en el río Pichaví

Se realizaron recorridos por riberas del río Pichaví con el fin de ejecutar la búsqueda directa de información mediante la captura de puntos GPS para la obtención de las posibles emisiones o descargas a una fuente difusa para crear una base de datos con referentes ya que sobresale los límites urbanos de la ciudad tal como lo recomienda Araya (2008). Se deben registrar los datos más exactos posibles; los cuales en el programa ArcGis 10.5 con las herramientas de proyección para puntos, diversas herramientas como: merge, clip en el recorte de capas y el uso de información secundaria libre como poblados, vías, ríos, zonas urbanas, relieve, curvas de nivel, lagos/lagunas, entre otras, proporcionadas por el Sistema Nacional de Información del Ecuador para generar la cartografía base y la proyección de los puntos de descargas al río Pichaví.

Fase 2.- Determinación de la calidad del agua del río Pichaví en base al análisis de parámetros físico químicos.

La selección de seis puntos a evaluar se realizó en función de un muestreo no probabilístico por conveniencia (Pimienta, 2000). Se tomaron en cuenta los factores: influencia del área urbana, descargas de aguas residuales identificadas en la fase anterior, además para las repeticiones del muestreo se definen en base al diagrama ombrotérmico del área siendo para cada época: una en época seca, y dos para la época precipitación debido a que es bimodal.

Los parámetros a evaluar para la determinación de la calidad de agua se realizaron la medición *in situ* caudal, pH, temperatura, conductividad sólidos suspendidos, oxígeno disuelto, y % saturación oxígeno disuelto mediante multiparámetro; para la toma de los parámetros mencionados se aplicaron la norma INEN 2169; mientras que se evaluaron *ex situ* la turbiedad por medio de un turbidímetro, demanda química de oxígeno DQO mediante el equipo bloque reactor Hach DRB 200 empleando el método 8000 denominado método de digestión del reactor

estandarizado por USEPA dentro del método 5220 D; en lo que respecta al Cr (VI) en partes por millón (ppm) para agua y aguas residuales lo que se aplicó el método 8023 de HACH en cual se encuentra estandarizado por USEPA and Standard Method dentro del 3500 Cr B. (American Public Health Association, American Water Works Association, y Water Environment Federation, 2005).

En lo referente al análisis de los parámetros evaluados se realizó graficas en relación de espacio y tiempo de cada parámetro, además de aplicar regresiones logísticas, lineales y polinómicas de segundo y tercer grado según el ajuste de la línea tendencial; para el análisis estadístico se realizó la prueba de LSD Fisher la cual es una técnica de comparación por parejas, dicha técnica denominada método de la diferencia mínima significativa o método LSD (Least Significant Difference), se basa en la construcción de test de hipótesis para la diferencia de cualquier par de medias, cuando el numero posibles de comparaciones es elevado, la aplicación reiterada de este procedimiento para un nivel de significancia infinita dado puede conducir a un número grande de rechazos de la hipótesis nula aunque no exista diferencias reales (Lara, 2000). Esta prueba en el estudio ayudo a identificar los datos significativos y no significativos del estudio realizándolas con el programa estadístico SPSS con el fin de comparar los datos obtenidos y examinar la significancia de cada uno de ellos aplicándose un p valor $>0,005$.

Fase 3.- Propuesta de plan de acción

El plan de acción modelo a presentar está dirigida a su implementación por parte de la autoridad competente con el fin de cumplir los límites permisibles con respecto a preservación de vida acuática el cual contiene Hallazgos; Medidas correctivas; Cronograma de las medidas correctivas a implementarse con responsables y costos; Indicadores y medios de verificación como indica la normativa legal vigente Tabla 2 del Anexo 1 presente en libro VI del TULSMA criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios.

En el plan de acción modelo está comprendido de

- Objetivos: general y específicos
- Capacitaciones
- Programas y proyectos propuestos para los hallazgos en el río Pichaví mostrado en tabla detallando las actividades a realizar, tiempo para su ejecución, responsable y el presupuesto estimado a la inversión de la aplicación del plan de acción.

3.3 Materiales y equipos

Los materiales y equipos utilizados en esta investigación son expuestos en (Tabla 4) los cuales fueron seleccionados entre los datos a tomar en campo, laboratorio y suministros de oficina.

Tabla 4.- Materiales y equipos de la investigación

Materiales de Campo	Materiales de Laboratorio	Materiales de Oficina
Botas de caucho	Agua destilada <2ppm STD	Carpetas
Botellas plásticas	Bloque reactor DRB200	
Cámara fotográfica	ChromaVer® 3 Chromium	Computador
Cartografía	Reagent Powder Pillows, 5-10ml	
Esfero o lápiz	Clorímetro DR900	Esferográficos
GPS	Mandil	
Guantes de propileno	Multiparámetro	Flash Memory
Libreta de campo	NitriVer® 3 Reagent Powder	
Marcadores o resaltadores	Pillows, 10-mL	Impresora
Molinete	Papel absorbente	
Poncho impermeable para lluvias	Pipeta	Resma de hojas de papel
Transporte al sitio de estudio	Reactivos para DQO	
Tubos falcon	Tubos de ensayo	Sistema de información ArcGis 10.5
	Turbidímetro	

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Identificación de los puntos de descargas que convergen con el río Pichaví

A continuación, se presentan los resultados de recorrido de georreferenciación de las descargas presentes al río Pichaví para el cual se aplicaron herramientas en el software ArGis 10.4 con el fin de obtener el mapa con la ubicación de los puntos GPS obtenidos durante el recorrido (Figura 3).

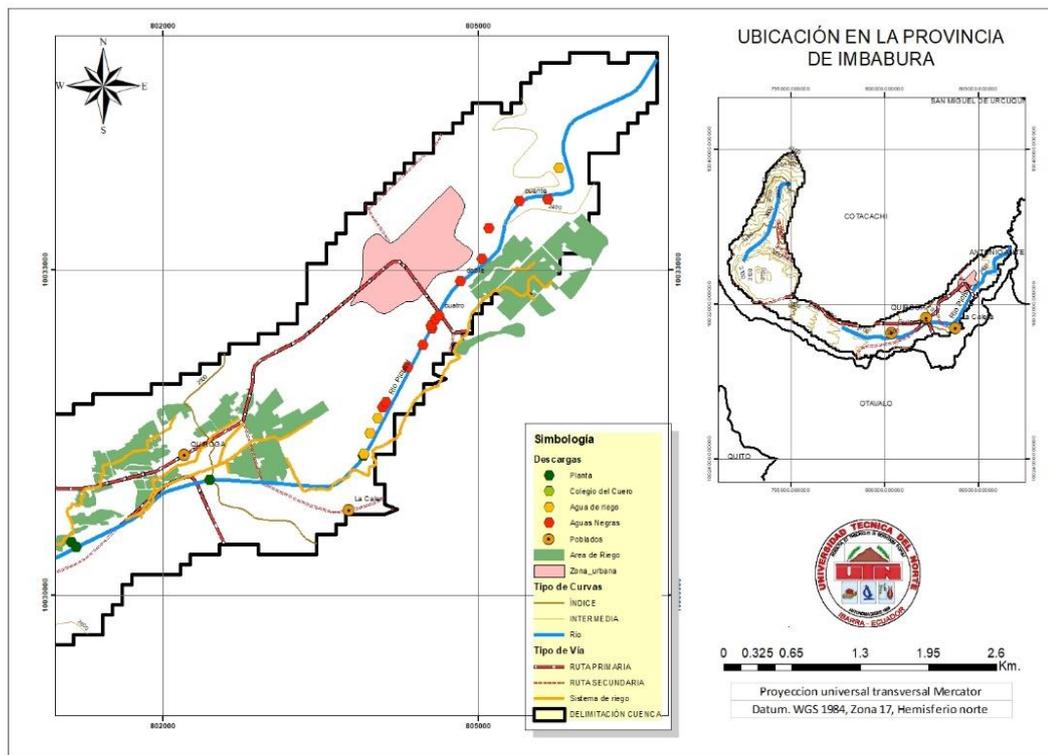


Figura 3.- Mapa de descargas al Río Pichaví

El área de estudio consta de tres grupos de descargas según su procedencia, tenemos las descargas de las plantas de tratamiento del cantón, las cuales son dos de propiedad del municipio y una del colegio del Cuero, cinco descargas de agua residual tomado mediante los canales de riego para cultivos y pastizales, y a las diecisiete descargas de aguas negras domésticas incluyendo la zona comercial que en el área central del cantón se realizan al final de cada manzana con un total de veinte y siete descargas al río georeferenciadas en la Figura 3 y 4.

Durante el recorrido y georreferenciación en el área de estudio se evidenciaron 27 descargas al río Pichaví de tres tipos de procedencias en la zona central de la ciudad de Cotacachi se evidencia que las descargas son con la frecuencia y menos distancia debido al asentamiento de la población, así como en el estudio de Guzmán, Ramírez, Thalasso, Rodríguez, Guerrero, y Avelar (2011) en el cual establece 50 puntos de muestreo a lo largo del río San Pedro Aguas Calientes, México se considera factores topográficos, geológicos e hidrológicos, además de puntos relevantes de descarga de contaminantes al río, también el estudio realizado por Suarez, Agudelo, Forero (2013). En la quebrada Reyes del municipio de la Vega Cundinamarca se toman 6 muestreo en 6 puntos definidos a lo largo del caudal; para lo cual se aplicaron la metodología con un fin similar al presente estudio en el río Pichaví ya que se toma parámetros muy similares para marcar los puntos de muestreo relevantes en base a las descargas que se evidenciaron en el recorrido.

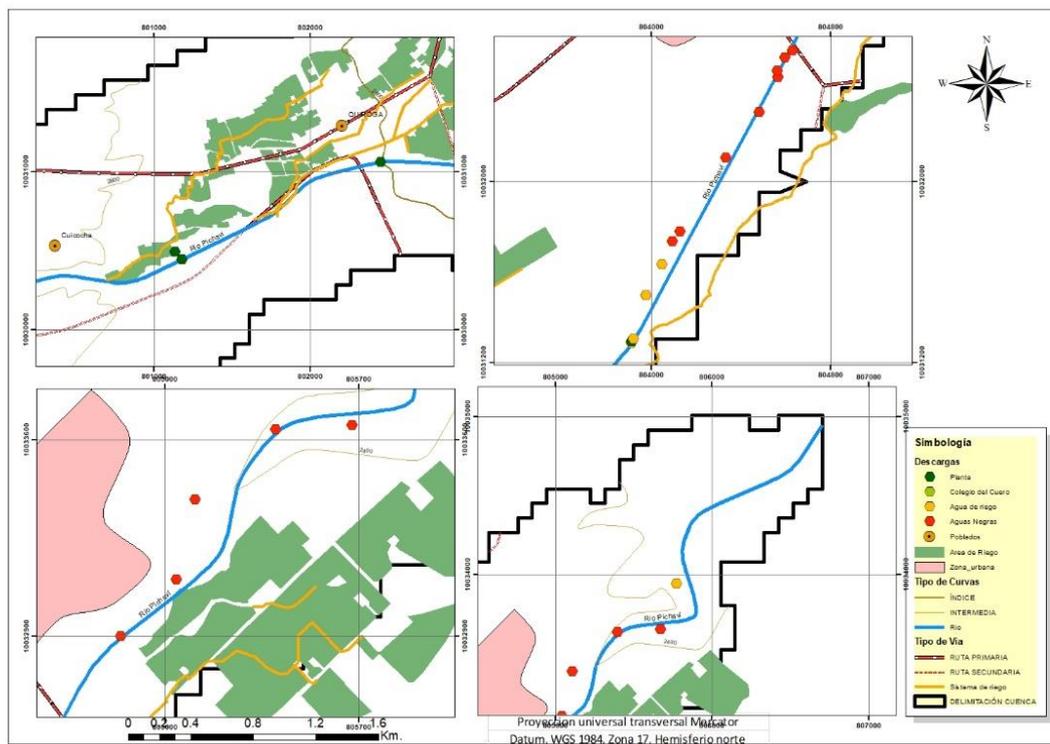


Figura 4: Mapa por sectores de descargas al Río Pichaví

4.2 Determinación de la calidad del agua del río Pichaví en base al análisis de parámetros físico químicos.

A continuación, se indican los valores obtenidos en la medición de los parámetros físico-químicos durante los meses de Marzo-Octubre de 2019 en el afluente del Río Pichaví.

Tabla 5.- Valores medias para los parámetros analizados

Parámetro	P1	P2	P3	P4	P5	P6	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE*
Q	48,052	43,25	74,626	41,392	86,342	83,946	n/a
pH	7,34	7,17	7,638	7,372	7,478	7,438	6,5 - 9
Cond.	418	456,6	423,1	584,8	610,6	541,8	n/a
STD	297	341,4	328,562	433	448	383,8	n/a
Temp.	17,25	18,3	18,26	18,82	19,38	18,38	n/a
OD	6,83	4,87	4,856	4,93	4,136	1,176	n/a
%Sat.	95,94	69,38	69,28	70,96	59,68	16,5	>80
Turb.	17,102	67,7	19,75	9,744	24,288	40,66	n/a
DQO	17,2	62,6	39	30,2	77,4	123,8	<40
(NO₂)⁻	0,001	0,044	0,166	0,271	0,192	0,037	0,2
(NO₃)⁻	0,32	0,88	1,22	0,8	0,92	2,64	13
(Cr)⁺⁶	0	0	0	0	0,016	0,048	0,032

A partir de los muestreos realizados en los meses marzo-octubre de 2019 en los 6 puntos del río Pichaví al comparar los resultados con la tabla 2 de los criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios expuesto en TULSMA libro VI se obtiene que para el parámetro pH cumple con la normativa, el parámetro porcentaje de saturación de oxígeno los puntos 2, 3, 4, 5 y 6 no cumple con la normativa, para el parámetro DQO los puntos 2, 5 y 6 no cumplen con la normativa, en el parámetro nitritos el tercer punto sobrepasa a diferencia de nitratos que si cumple, finalmente para cromo se obtiene que el punto 6 sobrepasa los valores establecidos cabe recalcar que para los parámetros caudal, conductividad, sólidos totales disueltos, temperatura, oxígeno disuelto, turbiedad no presenta la normativa límites máximos permisibles.

pH

A partir de los muestreos realizados durante los meses de marzo-octubre de 2019 en los 6 puntos de muestreo en el Río Pichaví para el parámetro de pH se obtuvieron concentraciones que oscilaron entre 7,3 a 7,6 pH. Es así que en el punto dos el valor promedio de los 6 meses de muestreo fue de 7,17 que fue el menor valor registrado, mientras que el mayor valor que se obtuvo fue en el punto 3 cuyo valor alcanzo 7,64 de pH.

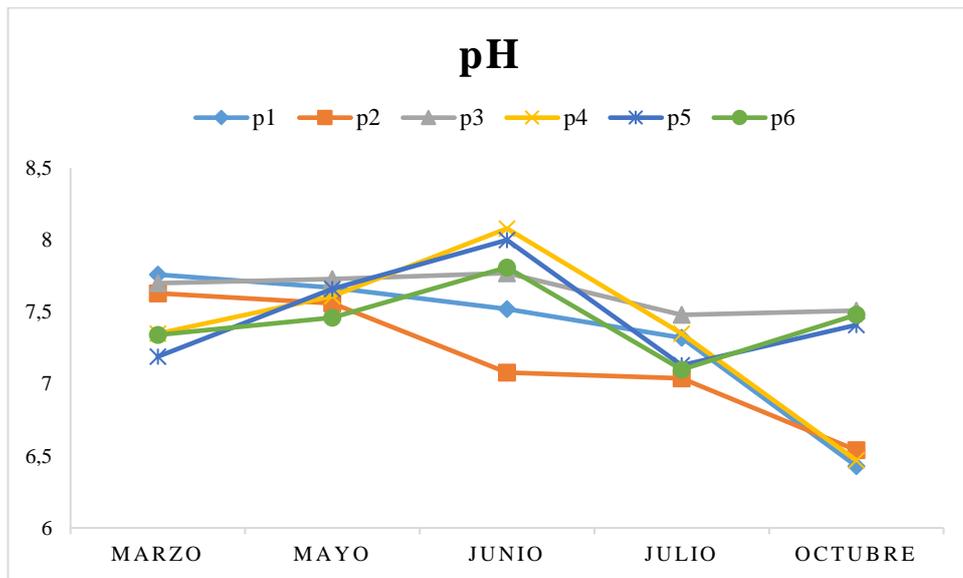


Figura 5.- Comportamiento de pH en los puntos de muestreo del Río Pichaví

El pH es un parámetro importante dentro del análisis del agua debido a que las descargas que poseen alto porcentaje de acidez alteran la vida de los ecosistemas acuáticos. Londoño y Marín (2019) en su estudio menciona que el pH que se encuentran en los vertidos de los ríos debe oscilar en rangos entre 6,5 y 8,5 para proteger los microorganismos propios que se localizan en los ecosistemas acuáticos. En resultados obtenidos en la identificación y evaluación de la contaminación del agua en el Municipio de Villapinzón en Colombia desarrollado entre los meses de noviembre del 2010 hasta abril del 2011 en tres puntos de muestreo se presentaron valores con un valor promedio de 6,90 en el punto 1, seguido del punto dos con un valor promedio de 6,71 finalmente el punto tres con un promedio de 6,71, en este estudio en la etapa de post curtición que se da por medio de procesos mecánicos genero un efluente de bajo pH (Suarez, García y Vaca, 2012). En la investigación

desarrollada en el Río Pichaví los valores de pH fueron mínimamente variables, durante todos los muestreos los valores estuvieron en el rango de 6 mg/l siendo el mayor 8 mg/l.

Conductividad

El comportamiento de la conductividad obtenido en el efluente durante los meses de investigación se pudo observar que existieron variaciones, en el punto 1 la conductividad promedio fue la menor registrada de 418 uS/cm seguida del punto 3 con 423 uS/cm, en el punto dos de 456 uS/cm y la mayor registrada fue en el punto 5 con 610 uS/cm promedio de todos los meses de muestreo.

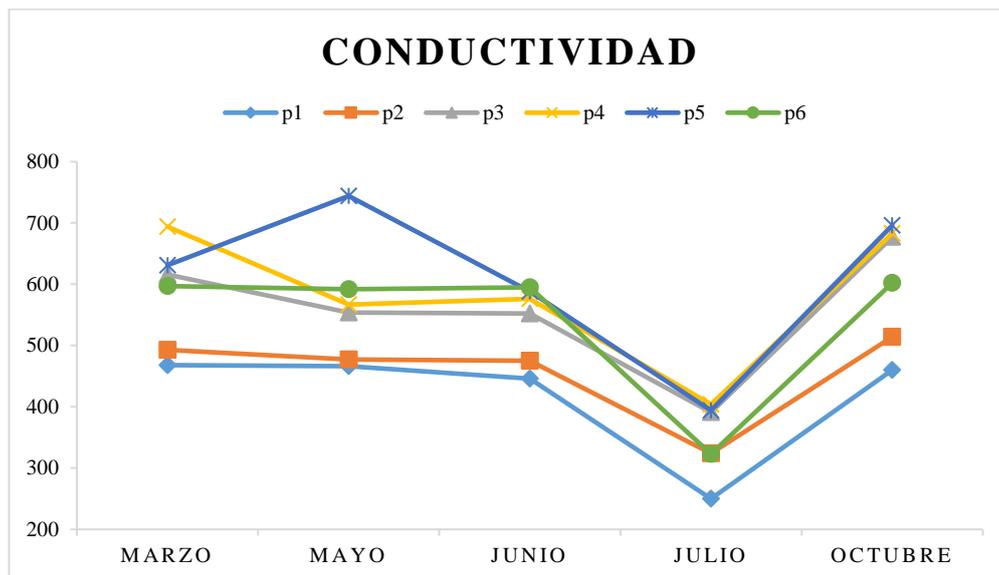


Figura 6.- Determinación de la conductividad eléctrica en los puntos de muestreo del río Pichavi

La conductividad es uno de los parámetros más importantes en el análisis de la contaminación de aguas indicando el grado de mineralización en aguas residuales. Cuesta, Velazco y Castro (2018) en su estudio donde se evaluó desechos líquidos generados por una curtiembre hacia la cuenca del río Aburra en Colombia existió un resultado de conductividad de 31,940 uS/cm sin embargo el caudal que ingresa a la fuente superficial de la empresa de curtiembre es inferior al caudal del río

reportado por lo tanto nos indica que la conductividad es diluida en el cauce, en este estudio de igual forma se establecieron puntos de muestro aguas arriba obteniéndose un resultado de 451,0 us/cm y aguas abajo un valor de 450,0 us/cm a inicios del mes de febrero del 2014, a finales de este mismo mes el resultado aguas arriba fue de 514,0 us/cm y aguas abajo de 521,0 us/cm, los autores mencionan que para poder lograr una restauración de este rio la conductividad debe ser menor a 120 us/cm. En la investigación del Río Pichaví todos los meses se mantuvieron constantes a excepción de los valores obtenidos en los puntos en el mes de Julio donde existió una baja de conductividad y asciende nuevamente en el mes de Octubre a valores estables con los que se empezó el estudio, en este punto los valores de caudal registrado fueron de 25,1 l/s y en el mes de Octubre el valor del caudal igualmente volvió a los valores iniciales, además en el mes de Julio se notó la presencia de llovizna en los muestreos de los puntos que de la misma forma influenció en niveles bajos de conductividad, como indica Arauzo, Rivera, Valladolid, Noreña y Cedenilla (2011) en su estudio en donde señala que la conductividad decrece cuando el Rio Jarama sigue su curso y es diferente a los valores con los que se inicia el estudio.

Sólidos Disueltos Totales

Durante los meses de muestreo en el efluente del río Pichaví se obtuvieron valores promedio de los sólidos disueltos totales en donde el menor registro para este parámetro en promedio fue en el punto 1 con 297,0 uS/cm seguidamente el punto 3 con 328,56 uS/cm el punto 2 de 341,40 uS/cm posteriormente el punto 6 con su valor de 383,80 uS/cm el punto 4 de muestreo con 433,0 uS/cm y el valor promedio más alto fue en el punto 5 con un valor de 448,00 uS/cm.

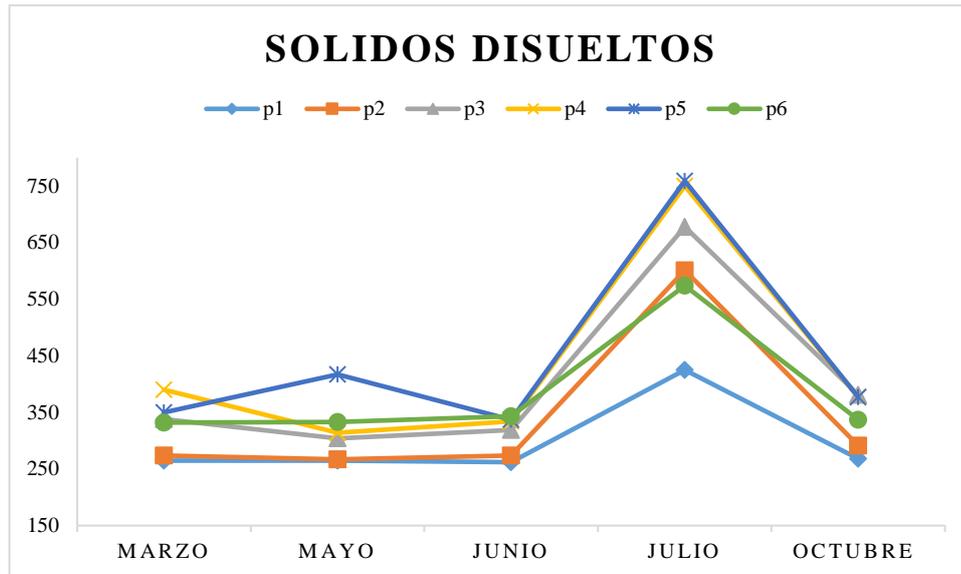


Figura 7.- Determinación de los SDT en los puntos de muestreo del río Pichavi

De acuerdo a Ganoza y Panduro (2010) los sólidos disueltos son uno de los parámetros que ayudan a medir la carga contaminante que se encuentra en suspensión y el grado de deshidratación de los lodos, distinguiéndose la parte mineral y la parte orgánica. Según Corredor (2006) en su estudio acerca del residuo de las curtiembres en la cuenca alta del Río Bogotá se consideró información existente en el sector específicamente de San Benito en donde se concentra la industria de curtiembres en la capital del país, la actividad en este sector es de tipo artesanal, aunque en algunas áreas puede ser industrializada. El análisis de la contaminación de este río se realizó en dos partes donde se consideró el proceso con tanino en donde el valor promedio durante el muestreo de esta área fue de 1.550,0 mg/l con un valor máximo de 2.184,0 mg/l y el valor mínimo de 1.180,0 mg/l a diferencia del proceso con cromo en donde el valor promedio fue de 1.129,0 mg/l con un valor máximo obtenido de 1.845,0 mg/l y un valor mínimo de 561,0 mg/l. En la investigación los valores de solidos disueltos totales se mantienen en un rango constante a excepción del mes de Julio en donde existe un aumento drástico del parámetro, esto está relacionado directamente al valor del caudal que en dicho mes en donde fue de un valor de 25,1 l/s Además la influencia directa de las curtiembres artesanales en ese mes que es de mayor producción a nivel local de

cueros debido a la fiesta popular de San Juan hace que el valor de sólidos disueltos sea mayor, volviendo al rango normal en el mes de octubre (Hernández, 2012).

Temperatura

El comportamiento de la temperatura en el efluente del río Pichaví durante los meses de marzo a octubre nos indicó que para este parámetro las temperaturas sufrieron varias variaciones, es así que para el punto 1 durante los meses de monitoreo el promedio total de una temperatura fue de 17,25 °C siendo la más baja durante la investigación, seguida del punto 3 que fue de 18,26 °C, en el punto 2 la temperatura promedio rodeo los 18,3 °C, en el punto 6 fue de 18,38 °C finalmente las temperaturas promedio más altas registradas fueron en los puntos 4 y 5 con 18,82 °C y 19,38 °C respectivamente.

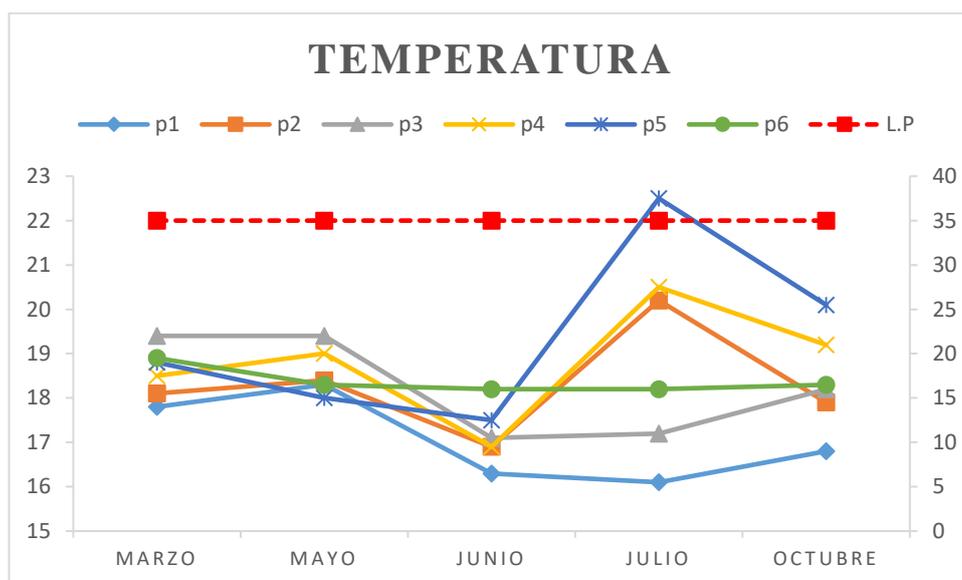


Figura 8.- Variación de temperatura en los puntos de muestreo del Río Pichaví comparados con los límites permisibles (LP) de descargas para un cuerpo de agua dulce.

La temperatura como nos menciona Romero y Vargas (2017) debe oscilar entre los 25,5 °C y 28,2 °C esta condición se debe cumplir para beneficiar el crecimiento de los microorganismos a favor de la degradación de la materia orgánica, en la investigación la menor temperatura fue en el punto inicial con 17,25 °C y la mayor fue en el punto 5 con 19,38 °C. Vargas y Amurrio (2017) en su estudio desarrollado

en Cochabamba, Bolivia en donde se deseaba determinar alternativas de procesos de curtido para disminuir la afectación del cromo presente nos menciona que la temperatura fue tomada en cada uno de los procesos que se llevan a cabo en el proceso de curtiembre es así que en el lavado de los cueros existió una temperatura de 18 °C, en el desescalado y purgado existió una temperatura de 45 °C, en el piquelado 20 °C, finalmente en el curtido existió una temperatura del 20 °C. En el transcurso de la investigación las temperaturas fueron constantes a excepción del mes de Julio donde constan variaciones del punto 1 al 2 existiendo un incremento de temperatura debido a las actividades que se llevan a cabo como: pastoreo de ganado, incidencia de la población, descarga de aguas negras provenientes de la población presente al igual que en el punto 4 y 5.

Oxígeno Disuelto

Durante el proceso de oxidación dentro del efluente en el Río Pichaví se obtuvo que el menor valor promedio durante todos los meses de estudio fue en el punto 6 con 0,91 mg/l, en el punto 5 los valores obtenidos fueron de 3,53 mg/l en el punto 2 el valor promedio fue de 4,35 mg/l, finalmente los valores más altos para este parámetro fueron en el punto 3 con 4,76 mg/l y en el punto 1 con 6,87 mg/l.

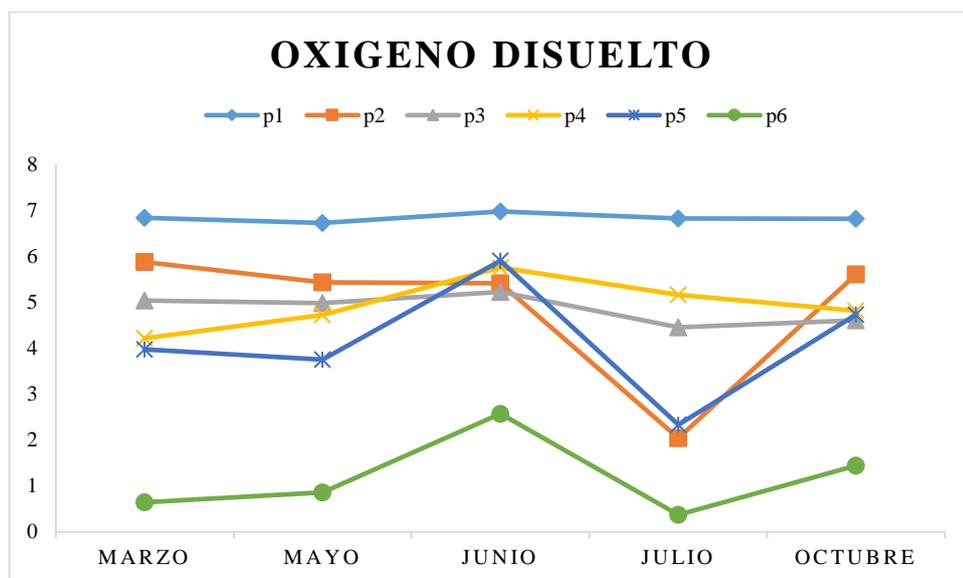


Figura 9 .- Oxígeno disuelto en los puntos de muestreo del Río Pichavi

Artuz, Martínez y Morales (2012) nos menciona que el componente físico de los residuos de las curtiembres genera efectos negativos sobre los recursos hídricos uno de ellos es la disminución de la presencia de oxígeno disuelto en las aguas aumentando así la salinidad y repercutiendo con mayor profundidad sobre las aguas subterráneas debido a que estas carecen de una buena aireación. Romero y Vargas (2017) en su estudio mencionan que en tres puntos del muestreo y de forma intermitente se presentaron concentraciones de oxígeno disuelto que son inferiores a 2 mg/l estos valores se consideran bajos y fundamentados posiblemente por los aportes territoriales que se producen en las zonas colindantes, el punto 2 en este estudio no se presentó ningún aumento de oxígeno disuelto, en todos los muestreos se alcanzó concentraciones de 1mg/l, este resultado se obtuvo en el tramo donde el río recibe los aportes más importantes de todos los estudiados donde atraviesa la parte de la comunidad que posee mayor densidad de la población la cual vierte sus desechos líquidos al medio, en los demás puntos restantes el oxígeno disuelto vario significativamente lo cual estuvo relacionado con el desbalance de carga orgánica que se evidencia en diferentes tramos de los puntos o por el agua lluvia que también escurre sus aguas hacia el río que atraviesa la ciudad del área de estudio. En el estudio del Río Pichaví el oxígeno disuelto se encontró en un rango de 1 mg/l hasta 6 mg/l siendo el valor más alto de oxígeno disuelto en el punto 1 al inicio del muestreo en este punto únicamente se presentan actividades como agricultura, ganadería y pastoreo que es controlado no existe grandes cantidades de contaminación hacia el río es por eso que el aporte de oxígeno es alto a diferencia de los demás puntos en estudio.

Porcentaje de Oxígeno disuelto

El proceso de saturación de oxígeno que se obtuvo del efluente en el Río Pichaví en el punto 6 fue de 13%, en el punto 5 la saturación de oxígeno fue de 52%, en el punto 2 el valor promedio fue de 62%, por último, los valores más altos para este parámetro fueron en el punto 3 con 67% y en el punto 1 con 95% de saturación de oxígeno, además estos valores están estrechamente relacionados con el oxígeno disuelto.

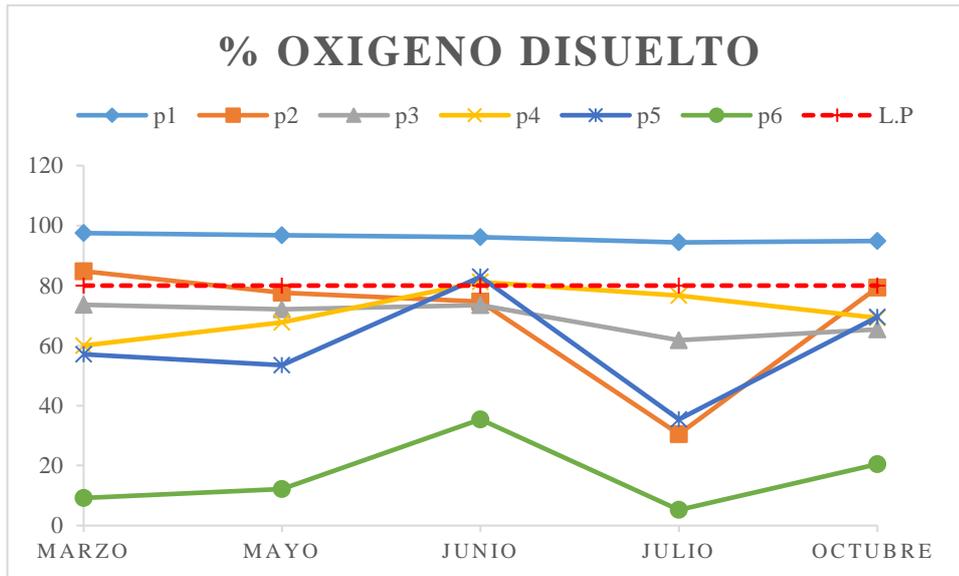


Figura 10.- Porcentaje de OD registrado en los puntos de muestreo del Río Pichavi comparados con los límites permisibles (LP) de descargas para un cuerpo de agua dulce.

La descarga de aguas industrializadas a los ríos o canales vecinos que al final desemboca en el mar provoca un deterioro físico, químico y biológico de las corrientes receptoras, las aguas no tratadas contienen tres tipos principales de materiales y químicos que causan daños importantes como sólidos suspendidos, materiales orgánicos, productos químicos y residuos tóxicos. La materia orgánica se descompone rápidamente en el agua agotando el porcentaje de oxígeno disuelto para llevar a cabo este proceso y también causando malos olores dado que el oxígeno es vital para la vida acuática, el bajo contenido de oxígeno disuelto afecta seriamente la biodiversidad del agua (Molina y Angulo, 2020). Suarez et al., (2012) en su estudio identificando y evaluando la contaminación del agua en el municipio de Villapinzón la concentración del porcentaje de oxígeno disuelto disminuye a medida que el río se interna o pasa por un área urbana, la carga orgánica de los vertimientos genera una deflexión en la concentración del porcentaje del cuerpo receptor debido a la actividad bacteriana de la biota nativa de la corriente, un factor a favor de la capacidad de autodepuración del río es la topografía de la zona que facilita la re aireación atmosférica del agua incrementando así la asimilación de materia orgánica, siendo esta característica típica de los ríos de alta y media

montaña. En el estudio en el Río Pichaví el porcentaje de oxígeno disuelto nos indica un valor del 95% en el punto 1 siendo el más alto ya que la existencia de contaminación es baja y el más bajo en el punto 6 con 16% de saturación, en este punto es la desembocadura del afluente del Río Pichaví que atrae toda la contaminación.

Turbiedad

La variación de turbiedad obtenida en el efluente del Río Pichaví nos indicó que en el punto 4 fue el menor valor obtenido con 8,58 NTU, en el punto 1 se obtuvo un valor de 15,10 NTU, seguidamente el punto 3 con 18,72 NTU el punto 5 con 28,97 NTU, finalmente los dos valores más altos que alcanzo este parámetro fueron en los puntos 6 y 2 con 57, 25 NTU y 75,75 NTU respectivamente.

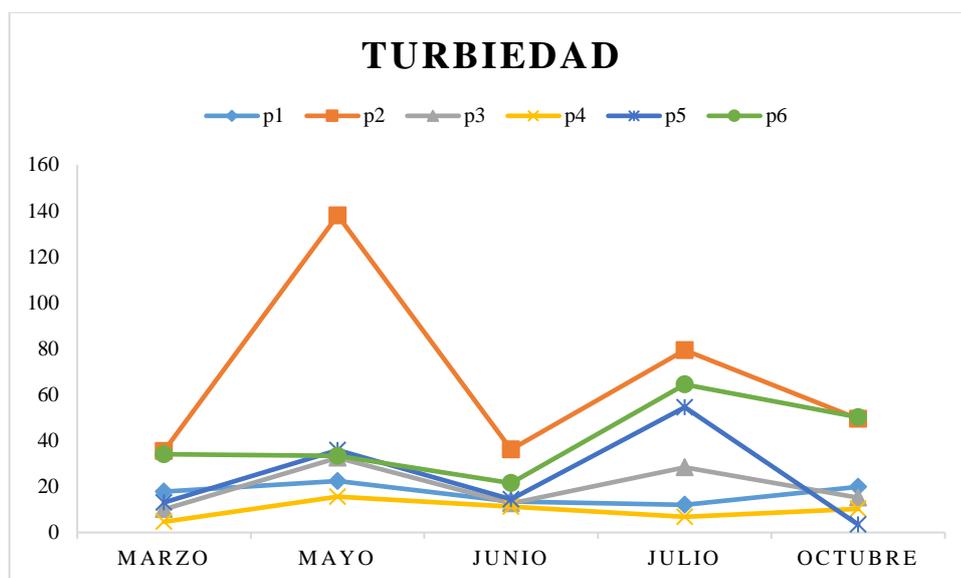


Figura 11 .- Variación de turbiedad registrado en los puntos de muestreo del Río Pichavi.

La turbiedad es una característica ampliamente aplicada como un criterio de la calidad del agua tanto en las fuentes de abastecimiento como en los procesos de potabilización y sistemas de distribución debido a que es una medición rápida, económica y de fácil interpretación (Montoya, Loaiza, Torres, Cruz y Escobar, 2011). Kawanura (2000) recomienda que exista una sedimentación previa para

turbiedades del agua cruda superiores a 1000 NTU y establece 3000 NTU para tratamientos convencionales. Cerón (2011) que estudió un nuevo sistema físico-químico a escala para el tratamiento de aguas residuales provenientes de curtiembres en sus valores iniciales efectuados en el efluente de pelambre dio como resultado un valor de 9680 NTU, en el efluente del curtido el valor fue de 88,3 NTU en el efluente de remojo la turbiedad fue de 1580, estos valores fueron altamente variables ya que depende que actividad del proceso de curtiembre se esté llevado a cabo. En la investigación efectuada para el Río Pichaví los valores recolectados están por debajo de 70 NTU siendo el único valor promedio más alto en el punto 2 este punto está directamente influenciado por la presencia y desemboque de aguas negras y pastoreo con 67,70 NTU de turbiedad un valor elevado a diferencia de los demás.

Demanda Química de Oxígeno

La demanda química de oxígeno registrada en los meses de muestreo de la investigación nos indica que en el punto 1 fue el menor valor registrado con 17,2 mg/l, de igual forma en el punto 4 cuyo valor fue de 30,2 mg/l, el punto 3 registro un valor de 39 mg/l, el punto 2 su valor fue de 62,6 mg/l y los valores más altos registrados para este parámetro fueron de los puntos 5 con 77,4 mg/l y 6 con 117,125 mg/l.

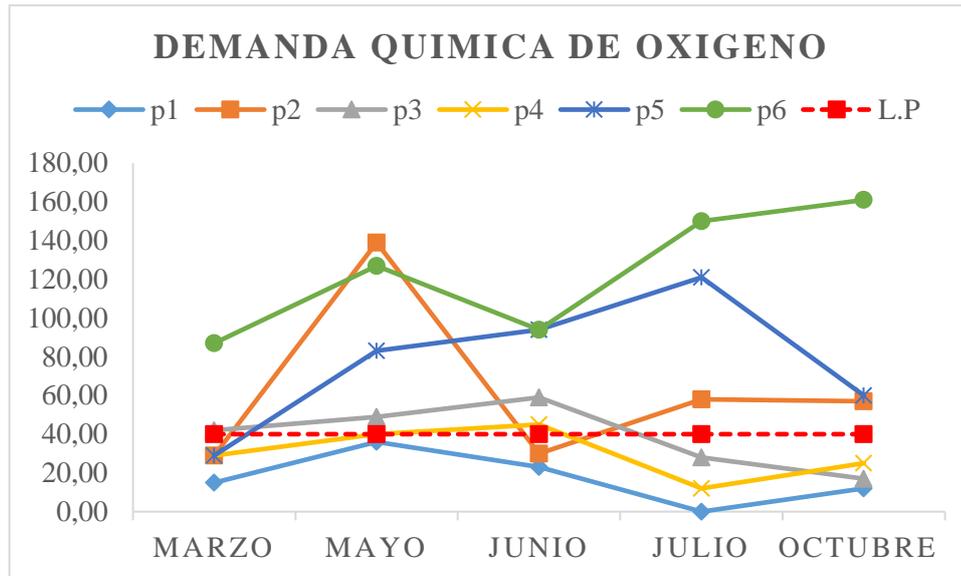


Figura 12 .- DQO registrado en los puntos de muestreo del Río Pichavi. comparados con los límites permisibles (LP) de descargas para un cuerpo de agua dulce.

La demanda química de oxígeno permite determinar químicamente la cantidad de oxígeno que se necesita para poder oxidar la materia orgánica que puede encontrarse presente en aguas contaminadas (Zambrano e Isaza, 1998). De acuerdo con el estudio de Barba, Ballesteros, Patiño y Callejas (2013) en donde evaluó el impacto generado por los vertimientos de curtiembres en corrientes de flujo superficial en un muestreo en donde durante 3 jornadas de 24 horas de duración cada una se recolectaron 4 muestras compuestas de 6 horas cada una se obtuvieron valores sobre los 1000 mg/l. En el muestreo 1 los valores de DQO fueron el más alto de 8200 mg/l y el menor 2300 mg/l, en el muestreo 2 el valor más alto obtenido fue de 4900 mg/l finalmente para la muestra compuesta numero 3 el valor más alto obtenido de los 4 fue de 2960 mg/l y el más bajo 1270 mg/l. En el Río Pichaví los valores de DQO fueron ascendiendo el punto inicial fue de 17,20 mg/l finalizando con el valor más alto fue en el punto 6 cuyo valor fue de 123,80 mg/l, este valor es alto debido a que el último punto de muestreo se encuentra toda la contaminación que acarrea el afluente del Río Pichaví para finalmente desembocar en la cuenca del Río Ambi.

Nitrito

Con respecto al parámetro nitrito el menor registro fue para el punto 1 donde el valor promedio fue de 0,0014 mg/l, para el punto 6 el valor fue de 0,0140 mg/l, para el punto 2 se identificó un valor de 0,0345, en el punto 5 el valor promedio fue de 0,1440, y los valores más altos de este parámetro fueron en el punto 3 con 0,16 mg/l y con 0,43 mg/l el punto 4.

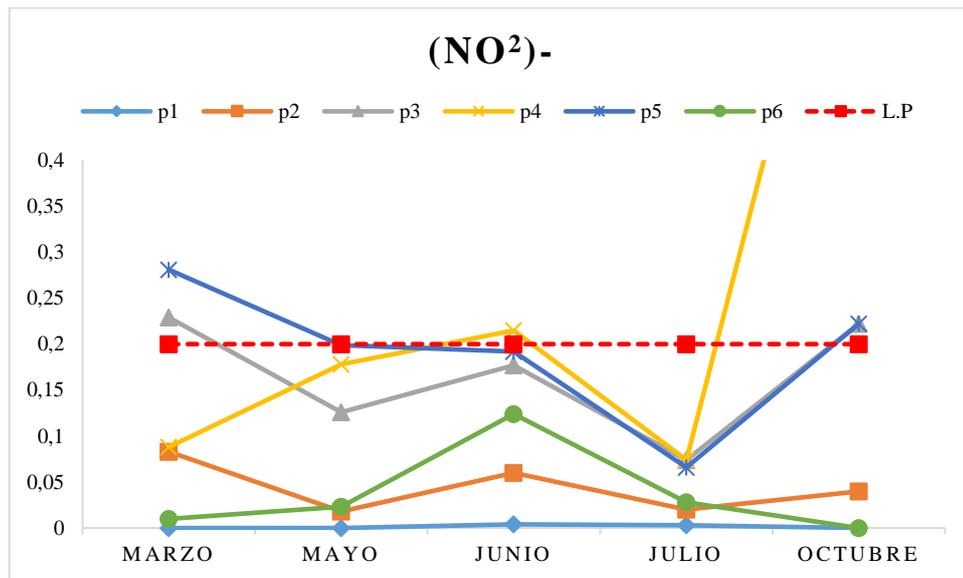


Figura 13 .- Variación de NO_2 registrado en los puntos de muestreo del Río Pichavi comparados con los límites permisibles (LP) de descargas para un cuerpo de agua dulce.

De acuerdo a Bolaños, Cordero y Segura (2017) los nitritos son compuestos solubles conformados molecularmente por nitrógeno y oxígeno, el nitrito puede convertirse generalmente a nitrato muy fácilmente, estos compuestos forman parte del ciclo natural del nitrógeno, las actividades humanas incrementan sus niveles principalmente en el suelo y esto se ve reflejado en la solubilidad del agua, por lo que llega a alcanzar altas concentraciones en ríos o en lechos profundos, existen dos tipos de contaminación de las aguas por compuestos de origen nitrogenado siendo la primera asociada a actividades de origen industrial, ganadero o urbano al contrario de la contaminación dispersa siendo la actividad agronómica la causa principal. (Cristancho, Pinto y Tique, 2019 en su estudio evaluando la eficiencia de un sistema de electrocoagulación en los vertimientos de curtiembres en

Villapinzon-Cundinamarca en el diagnóstico inicial de las aguas que se originaban en la curtiembre se evidencia que el nitrito alcanzo un valor de 20,4 mg/l antes del tratamiento indicando una alta presencia de aniones nitritos resultando ser un indicador de vertimientos con alta carga de materia orgánica en el agua sin tratamiento generando procesos de eutrofización al cuerpo de agua. En este sector esta agua sin ningún tipo de tratamiento es consumida por comunidades cercanas al Río Bogotá además es utilizada para la hidratación de animales de granja y en el riego de cultivos generando un aumento en la incidencia de enfermedades gastrointestinales en la población. En el estudio del Río Pichaví los valores de nitritos se encuentran por debajo de 1 mg/l siendo el más alto el punto 4 con 0,43 mg/l y el valor más bajo muestreado en el punto 1 con únicamente 0,0014 mg/l que es donde inicia el muestreo y por ende la contaminación de este compuesto es baja todavía, a diferencia del punto 4 en donde este sector está influenciado por la presencia de la comunidad y actividades antrópicas de la población, además en este sector se encuentra el Colegio del Cuero que pese a tener su propia planta de tratamiento que maneja los vertidos que allí se encuentran los valores de nitritos se elevan en este punto.

Nitrato

El nitrato con respecto al punto 1 es el valor más bajo registrado durante todo el estudio cuyo valor promedio fue de 0,27 mg/l, en el punto 4 el valor obtenido fue de 0,57 mg/l, en el punto 2 el valor promedio obtenido fue de 0,80 mg/l, el punto 5 dio un valor de 0,95 mg/l, finalmente los valores promedio más altos para este parámetro fueron en el punto 3 con un valor de 1,37 mg/l y en el punto 6 con 3,80 mg/l.

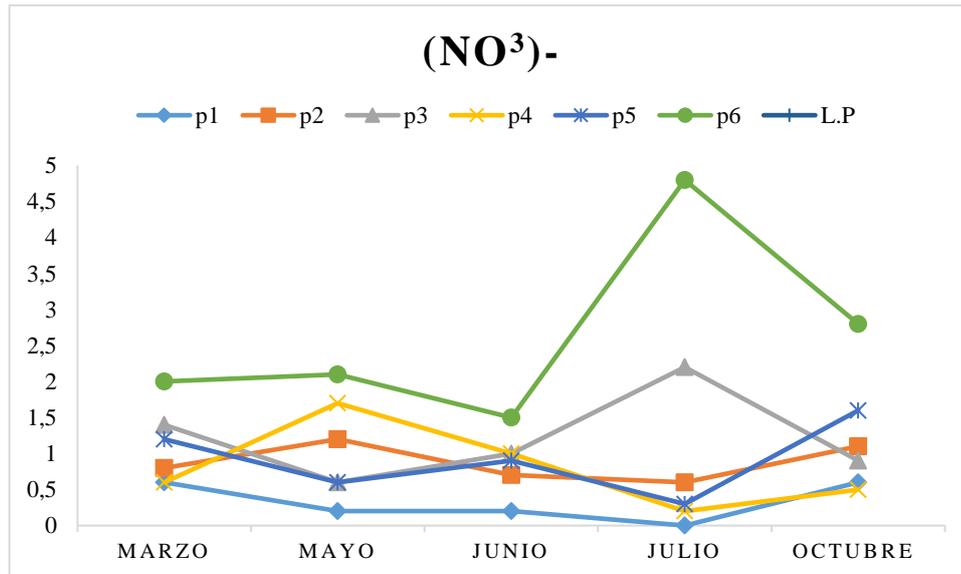


Figura 14 .- Variación de NO₃ registrado en los puntos de muestreo del Río Pichaví comparados con los límites permisibles (LP) de descargas de agua dulce.

El nitrato es esencial en el crecimiento de las plantas, su uso predominante es como fertilizante y se produce en grandes cantidades a nivel industrial (Bolaños et al, 2017). Los nitratos son indicadores de contaminación alcanzando elevadas concentraciones y presentando una estratificación clara con predominio de las mayorías de las concentraciones en la parte superior de los acuíferos sean libres o freáticos, la aparición de los nitratos en el agua también puede ser de origen químico provocado por el vertimiento de aguas residuales industriales y por el exceso en el uso de fertilizantes orgánicos y sobre todo nitrogenado en áreas agrícolas (Fernández y Vázquez, 2006). Gagneten y Ceresoli (2004) en su investigación en donde estudió los efectos del efluente de las curtiembres sobre la abundancia y riqueza de especies del zooplancton en el arroyo las prusianas en Argentina, en esta investigación se tomaron 4 puntos de muestreo y con un lapso entre mayo a octubre del 2001 donde la concentración de nitratos en el punto 1 fue de 18,4 mg/l en el punto dos de 4,6 mg/l en el punto 3 de 13 mg/l finalmente en el punto 4 el valor registrado fue de 50,8 mg/l el más alto registrado este se dio debido a que los sitios 1 y 2 son los más alejados de los vertidos de curtiembres y los puntos 3 y 4 son los más cercanos al gradiente y a la fuente de contaminación. En el Río Pichaví se obtuvieron resultados por debajo de los 3,0 mg/l siendo el más alto en el punto 6 con un valor de 2,64 mg/l debido a que este punto fue el último de la investigación

y desemboca todos los efluentes de las curtiembres generadas en la parte alta, el valor más bajo fue en punto 1 con 0,32 mg/l en este sector se inició con el muestreo por lo que la concentración de nitrato fue baja.

Cromo hexavalente

De acuerdo al cromo hexavalente durante toda la investigación en los puntos 1, 2, 3 y 4 no existió presencia de cromo hexavalente, únicamente se presentó en el punto 5 con un valor promedio de 0,015 y en el punto 6 con un valor de 0,075.

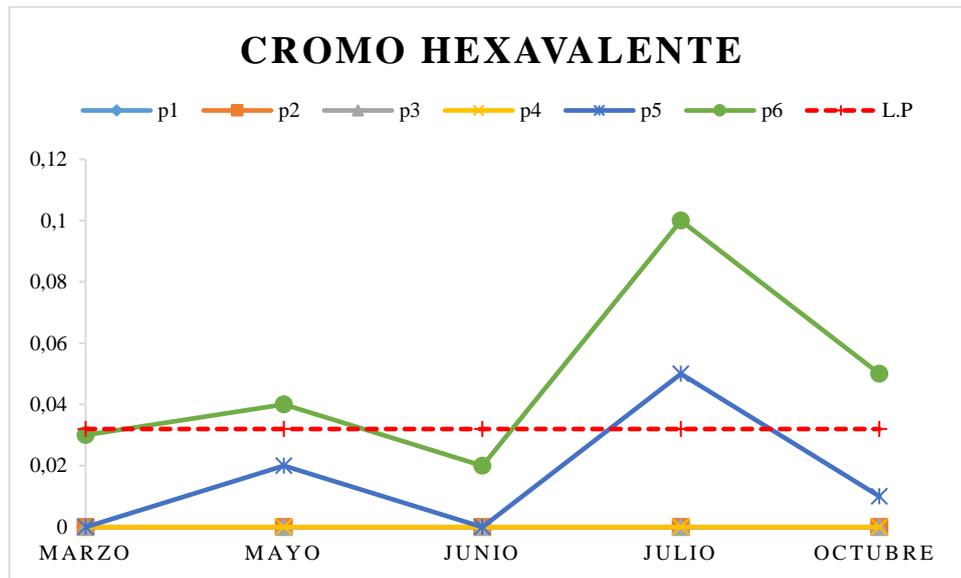


Figura 15 .- Variación de Cr (VI) en los puntos de muestreo del Río Pichavi comparados con los límites permisibles (LP) de descargas para un cuerpo de agua dulce.

De acuerdo a Téllez, Carvajal y Gaitán (2004) el cromo es un elemento altamente tóxico para el ser humano siendo clasificado por la LARC (Internacional Agency for Research on Cáncer) en el grupo 1 de (cancerígeno comprobado en humanos) ya que ante una exposición ocupacional produce cáncer en el sistema respiratorio, en Colombia existen varios procesos industriales que usan el cromo hexavalente y sus compuestos como sustancias básicas involucradas en los procesos, dos de estos procesos industriales es las curtiembres y la industria de la construcción en la utilización y producción de cemento, la población que muchas veces esta frente a la exposición de cromo en su estado hexavalente son afectados con problemas de salud provocando diferentes efectos a nivel bioquímico, estructural y funcional ya

que se genera la aparición de radicales libres por procesos de estrés oxidativo (Netzahuatl-Muñoz, Cristiani-Urbina y Cristiani-Urbina, 2010).

En el estudio desarrollado por Tapia, Freer, Mansilla, Villaseñor, Bruhn y Basualto (2002) en donde investigó la reducción fotocatalizada de cromo hexavalente analizando el proceso de curtiembre considerado como un proceso discontinuo tomando 6 muestras donde se obtuvo que el punto 1 fue el que mayor cantidad de cromo hexavalente poseía con un valor de 28,4 mg/l y el de menor valor fue el punto 5 con 2,9 mg/l todos los valores de cromo hexavalente en esa investigación se encontraron en un rango de 2 mg/l hasta 29 mg/l lo cual son valores altos que se están originando en industrias de curtiembres. En las aguas del Río Jarama la mayor parte del cromo se encontraba en forma hexavalente durante la época en la que se realizó el estudio que fue en noviembre del 2011 no se presentaron condiciones reductoras como el pH que pudiesen haber favorecido al proceso de reducción de Cromo VI a Cromo III o condiciones de adsorción por partículas sedimentarias, sin embargo estos estuvieron estrechamente relacionados con los niveles presentados de DQO en donde se observaron estrechos proceso de mineralización de la materia orgánica y por tanto de consumo alto de oxígeno durante los periodos más cálidos (Arauzo, et al 2011) Con respecto al estudio realizado en el afluente del Río Pichaví en donde en los puntos 1, 2, 3 y 4 los valores obtenidos de cromo hexavalente fueron de 0 mg/l únicamente en el punto 5 fue de 0,016 mg/l y en el punto 6 con un valor de 0,048 mg/l, esto debido a que entre los dos puntos existen curtiembres artesanales y se refleja en los valores de cromo hexavalente obtenidos que se encuentran desembocando directamente al Río Ambi.

Diseño Experimental y análisis estadístico

En el análisis de correlaciones entre las variables analizadas 15 presentan significancia de las cuales 7 variables muestran relación directamente proporcional y 8 variables se muestran inversamente proporcional, 2 variables presentan relación significativa al 95% de probabilidad estadística y el resto al 99% de probabilidad

estadística, cabe mencionar que el Cr presenta relación directamente proporcional con DQO y $(\text{NO}_3)^-$ y relación inversamente proporcional con OD y %OD

Tabla 6.- Correlaciones significativas del resultado de regresiones entre variables.

Correlaciones significativas			
	VARIABLES	r	sig.
Conductividad	NO_2	0,5438786	**
	Sólidos disueltos	0,49154696	**
Temperatura	OD	-0,43198889	*
	%OD	-0,38910644	*
Turbiedad	DQO	0,61576762	**
	OD	-0,77070202	**
Cr	%OD	-0,77503941	**
	DQO	0,7588055	**
	NO_3	0,74814138	**
	%OD	0,99856867	**
OD	DQO	-0,70626718	**
	$(\text{NO}_3)^-$	-0,66730687	**
%OD	DQO	-0,70786931	**
	$(\text{NO}_3)^-$	-0,67602619	**
DQO	$(\text{NO}_3)^-$	0,62831743	**

En el estudio en el Río Pichaví la presencia de cromo hexavalente se reflejan en los puntos 5 y 6 debido a que en estas áreas se encuentran ubicadas la mayor parte de curtiembres, estos datos están relacionados directamente con los valores altos de DQO en mencionados puntos que representan el 77,4 mg/l y 117,25 mg/l respectivamente. Álvarez, Maldonado, Gerth y Kuschik (2004) en su estudio los valores altos de DQO se deben a una alta carga de compuestos persistentes en la descarga provenientes de sitios industriales tal como es el caso del Río Pichaví. De igual forma el incremento de NO_3 está relacionado directamente con la presencia de cromo hexavalente en los puntos anteriormente mencionados. Suárez, García y Vaca (2012) en el estudio desarrollado en el Municipio de Villapinzón una alta concentración de nitrógeno orgánico afecta al oxígeno disuelto del río y se genera un incremento significativo en los iones tanto como nitritos y nitratos tal como es el caso del Río Pichaví. La descarga de aguas industrializadas con cromo hace que se incremente los valores de oxígeno disuelto, DQO, y nitratos sobre todo en los últimos puntos de muestreo.

4.3 Propuesta de plan de acción para la recuperación del río Pichaví

La presente propuesta toma en cuenta la situación actual del río investigado, la participación de la comunidad de la ciudad de Cotacachi, con la finalidad de controlar y disminuir los efectos adversos que se están presentando en el cauce del río principalmente en lo que se refiere a las descargas industriales que presentan Cr (VI). Las alternativas que se plantean en los diferentes programas y proyectos van encaminadas a prevenir, controlar y reducir los efectos que pueden causar las diferentes actividades antrópicas, que la población realiza sobre ella, ya que ellos son los principales actores dentro de la microcuenca, como también los diferentes centros educativos ubicadas dentro de la ciudad, tomando en cuenta que los niños y jóvenes son los futuros actores y beneficiados.

4.3.1 Objetivo general de la propuesta de mitigación para la recuperación del río Pichaví

Formular estrategias que contribuyan a recuperación y mejoramiento del río Pichaví

4.3.2 Objetivos específicos de la propuesta de mitigación

- Promover la conservación de los recursos naturales de la microcuenca mediante la creación y uso adecuado de Plantas de tratamiento de aguas residuales en curtiembres
- Implementar el manejo del recurso hídrico, mediante la ejecución del proyecto de manejo de desechos sólidos
- Fomentar el monitoreo permanente de las descargas de aguas residuales domésticas e industriales.

4.3.3 Los talleres de capacitación a las industrias de cuero se realizarán de forma trimestral, con los diferentes temas a tratarse

Los talleres a impartir está dirigido a los sujetos de control de las curtiembres y todas las actividades que utilicen metales pesados en el proceso de producción con los temas expuestos en Tabla 7.

Tabla 7.- Talleres de capacitación para las industrias de cuero.

Tema del taller	Objetivo	Indicadores	Meta en tiempo	Medio de Verificación
Técnicas de adsorción para metales pesados y cromo, posibles a aplicarse en las plantas de tratamiento	Instruir a los artesanos de las curtiembres en técnicas aplicable a las plantas de tratamientos para simplificar las cargas de metales pesados en las descargas del proceso de curtido mediante las técnicas de adsorción.	Número de personas capacitadas	3 meses	Listado de asistentes Registro fotográfico Informes de cumplimiento de la actividad
Importancia de las plantas de tratamiento de aguas residuales	Concientizar a los artesanos de las tenerías para reducir paulatinamente el impacto ambiental de las actividades de curtiembre mediante las plantas de tratamiento.	Número de personas capacitadas	1 mes	Listado de asistentes Registro fotográfico Informes de cumplimiento de la actividad
Uso de alternativas al Cr, que sean amigables con el ambiente.	Plantear alternativas en el proceso de curtido para reducir el uso de sales de cromo.	Número de personas capacitadas	6 meses	Listado de asistentes Registro fotográfico Informes de cumplimiento de la actividad
Buenas prácticas ambientales en las curtiembres	Informar a los artesanos las buenas prácticas ambientales aplicables a las curtiembres para contrarrestar los impactos que se generan en el proceso de curtido.	Número de personas capacitadas	1 mes	Listado de asistentes Registro fotográfico Informes de cumplimiento de la actividad
Manejo de los desechos orgánicos e inorgánicos	Reconocer la manera adecuada de tratar los residuos y desechos producidos en las curtiembres	Número de personas capacitadas	1 mes	Listado de asistentes Registro fotográfico

	para aplicar en la disposición final mediante un manejo óptimo.				Informes de cumplimiento de la actividad
Valorización de los servicios eco sistémicos.	Identificar las maneras directas e indirectas en que dependemos del medio ambiente.	Número personas capacitadas	de	6 meses	Listado de asistentes Registro fotográfico Informes de cumplimiento de la actividad
Seguridad y salud ocupacional.	Brindar información, formación y entrenamiento a los artesanos relacionados con seguridad y salud ocupacional	Número personas capacitadas	de	9 meses	Listado de asistentes Registro fotográfico Informes de cumplimiento de la actividad
Importancia de sistemas de recirculación de agua y la electrocoagulación	Plantear e informar a los artesanos alternativas de recirculación de agua aplicables a su actividad para disminuir el impacto generado por el alto consumo del recurso hídrico.	Número personas capacitadas	de	2 meses	Listado de asistentes Registro fotográfico Informes de cumplimiento de la actividad
Responsabilidad social empresarial.	Formar artesanos responsables con el ambiente en la actividad económica de curtiembres para ser	Número personas capacitadas	de	8 meses	Listado de asistentes Registro fotográfico Informes de cumplimiento de la actividad

Para los hallazgos encontrados durante los muestreos de marzo-octubre 2019 realizados en el río Pichaví se propone aplicar el plan de acción detallado en tabla 8 enmarcado en la normativa legal de regulación vigente.

Tabla 8.- Propuesta para los hallazgos en el río Pichaví

PLAN DE ACCIÓN												
DOCUMENTO EVALUADO			MEDIDA / OBLIGACIÓN INCUMPLIDA		HALLAZGO - EVIDENCIA DE CUMPLIMIENTO/INCUMPLIMIENTO (Documentos de respaldo, fotografías, resultados de laboratorio, etc.)			PLAN DE ACCIÓN				
PRINCIPAL	ITEM	SUB ITEM	No.	DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA / OBLIGACIÓN AMBIENTAL	Calificación	DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DEL PLAN DE ACCIÓN	INDICADORES	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	Tiempo (meses)	RESPONSABLE	COSTO DE IMPLEMENTACIÓN (\$)	
ACUERDO MINISTERIAL 097*	ANEXO 1 DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL	Criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos.	5.1.2	CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACION DE LA VIDA ACUATICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES, MARINAS Y DE ESTUARIOS	nc -	De acuerdo en los muestreos realizados en los meses de marzo-octubre 2019 se observa que de los 6 puntos monitoreados los puntos 5 y 6 presentan niveles elevados para DQO, además se obtienen valores elevados de Cr(VI) los cuales no cumplen con LMP establecidos para descargas en cuerpos de agua dulce.	Gestionar la implementación de métodos de adsorción para metales pesados o de plantas de tratamientos para aguas residuales domésticas e industriales.	No. actividad ejecutadas / No. actividades planificadas	Informes de monitoreo de agua en el Río Pichaví luego de la implementación de las medidas correctivas	5 meses	GAD Cantonal de santa Ana de Cotacachi, GAD Provincial de Imbabura	\$900,000

Y DE DESCARGA DE EFLUENTES AL RECURSO AGUA	nc -	Gestionar la implementación de las plantas de tratamiento por parte de las curtiembres que implementan Cr(VI) en su proceso productivo	No. actividades ejecutadas / No. actividades planificadas	Informes de participación a capacitaciones por parte de los dueños de las tenerías artesanales Informes de la gestión realizada por parte de la Autoridad competente.	6 meses	GAD Cantonal de Santa Ana de Cotacachi, GAD Provincial de Imbabura	\$950,0 0
	nc -	Gestionar la implementación de programas de reutilización, reciclaje o tratamiento de efluentes	No. actividades ejecutadas / No. actividades planificadas	Informes de la gestión realizada por parte de la Autoridad competente.	6 meses	GAD Cantonal de Santa Ana de Cotacachi, GAD Provincial de Imbabura	\$500,0 0

				nc -	Implementar un programa de monitoreo en las plantas de tratamiento de efluentes	No. actividad es ejecutadas / No. actividad es planificadas	. Informes de monitoreo de agua en el Río Pichaví luego de la implementación de las medidas correctivas	6 meses	GAD Cantonal de santa Ana de Cotacachi,	\$600,00	
									GAD Provincial de Imbabura Ministerio de ambiente y agua		
	ANEXO 2 DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL del RECURSO SUELO Y CRITERIOS DE REMEDIACION PARA SUELOS CONTAMINADOS	Normas de aplicación general	4.2.1	SOBRE LAS ACTIVIDADES GENERADAS DE DESECHOS SOLIDOS NO PELIGROSOS	nc -	Implementar un sistema de reciclaje y disposición final adecuada de los residuos y desechos generados en las curtiembres	No. actividad es ejecutadas / No. actividad es planificadas	Informe de cumplimiento y/o evidencia fotografica	1 mes	GAD Cantonal de santa Ana de Cotacachi,	\$750,00
									GAD Provincial de Imbabura		

Implementar un programa de manejo de insumos químicos para las industrias de curtiembre que utilizan las sales de cromo como insumo	No. actividad es ejecutadas / No. actividad es planificadas	3 meses	GAD Cantonal de Cotacachi. GAD Provincial de Imbabura	\$800,00
Implementar un sistema de salud, higiene y seguridad ocupacional por parte de las industrias de curtiembre	No. actividad es ejecutadas / No. actividad es planificadas	6 meses	GAD Cantonal de Cotacachi. GAD Provincial de Imbabura	\$900,00
			Subtotal	\$5.400,00
			Imprevistos al 10%	\$540,00
			COSTO TOTAL DEL PLAN DE ACCIÓN	\$5940,00

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Se han identificado un total de veinte y siete descargas al río Pichaví con diferentes procedencias de la ciudad de Cotacachi y sus alrededores; mediante el análisis de calidad de agua demuestra no estar dentro de los límites permisibles según el acuerdo ministerial 097a criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios; normativa vigente en el Ecuador. Por tal motivo, los límites permisibles según la normativa técnica legal vigente en el Ecuador de DQO, Porcentaje de Saturación De Oxígeno disuelto y Cr (VI) no cumplen con la normativa.

En el estudio realizado en el río Pichaví se obtuvieron que las variables fisicoquímicas que tienen incidencia directa en presencia del cromo hexavalente son los parámetros Demanda Química de Oxígeno, Nitratos y % Saturación Oxígeno disuelto, si bien es cierto que en el análisis de correlaciones el NO_3 mostro ser una variable directamente proporcional con el Cr, esta no se relaciona, ya que es un parámetro indicador de contaminante de tipo orgánico.

Mediante el análisis de calidad de agua en el río Pichaví demuestra una variación directamente proporcional en los puntos 5 y 6 en los parámetros de Demanda Química de Oxígeno y Solidos Totales Disueltos en presencia de cromo hexavalente y en relación inversamente proporcional con los parámetros de Oxígeno Disuelto y Porcentaje De Saturación De Oxígeno Disuelto durante los meses Marzo- Octubre 2019

La aplicación del plan de acción para la recuperación del río Pichaví es imprescindible su ejecución por parte de la autoridad ambiental competente y los moradores para la mitigación y recuperación de la fuente de agua dulce presente en el cantón Santa Ana de Cotacachi

5.2 Recomendaciones

Durante el trabajo realizado en el río Pichaví es necesario la aplicación de la gestión ambiental correspondiente, ya que los valores de DQO obtenidos en la evaluación del río principalmente en los puntos de muestreo 5 y 6 sobrepasa el límite permisible establecido en la normativa legal vigente del Ecuador, es de suma urgencia controlar las actividades económicas con mayor énfasis en las actividades que implementen cromo en el proceso de manufactura, con el fin de prevenir posibles problemas de salud en los trabajadores y la comunidad.

Se recomienda a la Autoridad Ambiental competente hacer uso de los datos referentes obtenidos en este trabajo para iniciar un proceso de determinación de daño ambiental ocasionado por las descargas presentes al río Pichaví como lo indica los Art. 809, 810, 811 y 812 del Reglamento al Código Orgánico Ambiental

Es necesario que la Autoridad Ambiental competente y GAD del cantón Santa Ana de Cotacachi implementen un proceso de monitoreo continuo como parte de la conservación de fuentes de agua dulce para futuras generaciones, incluyendo muestreos en el sedimento en los puntos de muestreo 5 y 6 principalmente.

Se recomienda al GAD del cantón Santa Ana de Cotacachi parar la entubación del río y poner en ejecución el plan de acción con el fin de mitigar, restaurar y recuperar el cauce de agua dulce.

Se recomienda a los manufactureros de cueros en la ciudad de Cotacachi se aplique otro tipo de aditivos orgánicos como los taninos extraídos de Huarango, los cuales son de menor toxicidad que las sales de cromo, con el fin de minimizar los impactos producidos por estas actividades en el cantón.

REFERENCIAS

- Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades (ATSDR). (2012). *Toxicological profile for Chromium*.
- Álvarez, S., Maldonado, M., Gerth, A., y Kusch, P. (2004). Caracterización de Agua Residual de Curtiduría y Estudio del Lirio Acuático en la Recuperación de Cromo. *Información tecnológica*, 15(3), 75-80.
- American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), y Water Pollution Control Federation (WPCF). (1992). Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales Díaz de Santos (Ed.), *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*. Madrid.
- American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), y Water Environment Federation (WEF). (2005). Métodos estandarizados para el análisis de aguas y aguas residuales. In *Standard Methods for the examination of water and wastewater* (21 edición, p. 733).
- Arauzo, M., Rivera, M., Valladolid, M., Noreña, C., y Cedenilla, O. (2011). Contaminación por cromo en el agua intersticial, en el agua del cauce y en los sedimentos del Río Jarama. *Centro de Ciencias Medioambientales C.S.I.C*, 22 (3-4): 89-98
- Artuz, L., Martínez, M., y Morales, C. (2011). Las industrias curtiembres y su incidencia en la contaminación del río Bogotá.
- Asamblea Nacional República del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Quito, Ecuador.
- Asamblea Nacional República del Ecuador. *Libro VI Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, TULAS*, (2014).
- Asamblea Nacional República del Ecuador. *Código Orgánico de Organización Territorial, COOTAD*, (2015).
- Asamblea Nacional República del Ecuador. (2015). *Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Uso y Aprovechamiento del Agua*. Quito, Ecuador.
- Asamblea Nacional República del Ecuador. *Reforma Texto Unificado de Legislación Secundaria 097-A*, (2015).
- Asamblea Nacional República del Ecuador. *Libro VI Texto Unificado de*

Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descargas de Efluentes al Recurso Agua 097-A, (2015).

Asamblea Nacional República del Ecuador. *Código Orgánico del Ambiente*, (2017).

Araya, D. (2008). Metodología para la georreferenciación de elementos emisores y su implementación a través de un SIG. *Tiempo y Espacio*, 21, 24–46.

Aznar, A. (2000). Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas. *Aparecido En Gestión Ambiental*, 2(23), 12–19.

Barba, L., Ballesteros, Y., Patiño, P., y Ramírez, C. (2013). Impacto generado por los vertidos de las curtiembres en corrientes superficiales usando pruebas de toxicidad. *Revista EIDENAR*. (12). 79-90.

Becerra, S. Soria, C. Jaramillo, F. y Moreno, J. (2014). Trastornos a la salud inducidos por cromo y el uso de antioxidantes en su prevención o tratamiento. *Journal of PHarmacy & PHarmacognosy Research*, 2(2), 19–30.

Bolaños, J., Cordero, D., y Segura, G. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Revista Tecnología en Marcha*, 30(4), 15-27

Calderón, L. Serrano, A. Torres, R. Zhu, H. Yuan, Y. Smith, D. Delgado, R. Cross. J. Medina, H. Kavanaugh, M. y Guilarte, T. (2013). The impact of environmental metals in young urbanites' brains. *Experimental and Toxicologic Pathology*, 65(5), 503–511.

Camacho Barreiro, A. y Ariosa Roche, L. (1998). *Diccionario de términos ambientales*. (Centro Félix Varela, Ed.). La Habana.

Candelaria Tejada, T. Villabona Ortiz, Á. y Jiménez Villadiego, M. (2017). Remoción de cromo hexavalente sobre residuos de cacao pretratados químicamente. *U.D.C.A & Div. Cient.*, 20(1), 139–147.

Chen, Y. Hu, W. Huang, B. Weindorf, D. Rajan, N. Liu, X. y Niedermann, S. (2013). Accumulation and health risk of heavy metals in vegetables from harmless and organic vegetable production systems of China. *Ecotoxicology*

- and Environmental Safety*, 98, 324–330.
- Coreño Alonso, A. Tomasini Campocoso, A. y Reyna López, G. (2010). *Cromo: Lo bueno y lo malo, los inicios de una historia*.
- Corredor, J. (2006). El residuo líquido de las curtiembres estudio de caso: cuenca alta del Rio Bogotá. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*. 16 (2) 14-28.
- Cristancho, D., Pinto, L., y Tique, J. (2019). Evaluación de la eficiencia de un sistema de electrocoagulación en los vertimientos de curtiembres en el sector de Villapinzón (Cundinamarca). *Revista Mutis*. 9 (2).
- Cuesta, D., Velazco, C., y Castro, J. (2018). Environmental assessment related to the sewage water discharge of a tannery company into Aburra river. *Revista UIS Ingenierias*. 17(2) 141-152.
- Fernández, M., y Vázquez, Y. (2006). Origen de los Nitratos (NO₃) y Nitritos (NO₂) y su influencia en la potabilidad de las aguas subterráneas. *Minería y Geología*. 22 (3).
- Fernández, A. (2012). El agua : un recurso esencial. *Numero 3*, 11(3), 147–170.
- GAD Santa Ana de Cotacachi. (2015). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial cantón Santa Ana de Cotacachi 2015-2035*. 374.
- Gagneten, A., y Ceresoli, N. (2004). Efectos del efluente de curtiembre sobre la abundancia y riqueza de especies del zooplancton en el arroyo las prusianas (Santa Fe, Argentina). *Interciencia* 29 (2), 702-708.
- Ganoza, J., y Panduro, E. (2010). Propuesta de una Tecnología para reducir carga contaminante de los efluentes líquidos en una curtiembre en el distrito del porvenir. Tesis de pregrado: Universidad Nacional de Trujillo: Perú.
- García J., y Gutierrez J. (2006). *El impacto ambiental generado en el proceso productivo de la empresa de curtidos del oriente barrio San Benito Bogotá*. (Tesis de Pregrado). Universidad de San Buenaventura. Bogotá, Colombia.
- García Lestón, J. Méndez, J. Pásaro, E. y Laffon, B. (2010). Efectos genotóxicos del plomo: una revisión actualizada. *Environment International*, 36(6), 623–636.
- Glorias García, F. (2014). *Remoción de cromo hexavalente utilizando un sistema de filtración con α -Alúmina*, (Tesis de Pregrado). Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México.

- Gordillo, J. Cabrera, R. Hernández, M. Galindo, E. Otazo, E. y Prieto, F. (2010). Evaluación regional del impacto antropogénico sobre aire, agua y suelo. Caso: Huasteca Hidalguense, México. *Rev. Int. Contaminación Ambiental*, 26(3), 229–251
- Greenpeace. (2012). *Cueros tóxicos*. Greenpeace. <https://es.greenpeace.org/es/>
- Guzmán-Colis, G, Ramírez-López, EM, Thalasso, F, Rodríguez-Narciso, S, Guerrero-Barrera, AL, Y Avelar-González, FJ. (2011). Evaluación de contaminantes en agua y sedimentos del río San Pedro en el Estado de Aguascalientes. *Universidad y ciencia*, 27(1), 17-32.
- Hernández, R. (2012). *Estudio de factibilidad para la creación de una empresa productora y comercializadora de curtiembre de cuero de ganado vacuno en el Cantón Cotacachi* (Tesis de Pregrado). Universidad Técnica del Norte. Ibarra.
- Hernández, A. (2015). *Depuración y desinfección de aguas residuales*. Colegio de Ingenieros de caminos y canales. Madrid, España: Garceta.
- Higuera Cobos, O. Arroyave Londoño, J. y Flores García, L. (2009). Diseño de un biofiltro para reducir el índice de contaminación por cromo generado en las industrias del curtido de cueros. *Dyna*, (160), 107–119.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2010). *Población y Demografía*.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN. (2013). *Agua, calidad de agua, muestreo manejo y conservación de muestras*.
- Instituto Ecuatoriano de Normas Nacionales INEN. (1998). *Patent No. 2176*.
- Netzahuatl, A. Cristiani, M. y Cristiani, E. (2010). Estudio cinético de la remoción de cromo hexavalente y cromo total por la corteza del árbol de Pirul. *Revista Cubana de Química*, 22(3), 3–8.
- Huang, Z. Pan, X. Wu, P. Han, J. y Chen, Q. (2014). Heavy metals in vegetables and the health risk to population in Zhejiang, China. *Food Control*, 36(1), 248–252.
- Kawamura, S. (2009). *Integrated design and operation of water treatment facilities* New York: John Wiley y Sons.
- Kraemer A. R, Choudhury K. y E. Kampa, 2001. *Protecting Water Resources: Pollution Prevention, Thematic Background Paper – International*

Conference on Freshwater Bonn 2001, Secretariat of the International Conference on Freshwater Bonn 2001 (Ed) Bonn

- Lara, A. (2000). *Diseño Estadístico de Experimentos, análisis de la varianza y temas relacionados: tratamiento informático mediante SPSS*. Proyecto Sur Ediciones.
- Li, N. Kang, Y. Pan, W. Zeng, L. Zhang, Q. y Luo, J. (2015). Concentration and transportation of heavy metals in vegetables and risk assessment of human exposure to bioaccessible heavy metals in soil near a waste-incinerator site, South China. *Science of the Total Environment*, 144–151.
- Londoño Franco, L. Londoño Muñoz, P. y Muñoz García, F. (2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 145.
- Londoño, L. y Marín, C. (2009). *Evaluación de la eficiencia de remoción de materia orgánica en humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial alimentados con aguas residuales sintéticas* (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia.
- Medina de la Barra, M. A. (2010). *Determinación de cromo hexavalente en descargas de aguas residuales de una curtiembre, ubicada en el sector de Izamba-Ambato en la provincia de Tungurahua, mediante espectrometría de absorción atómica*. (Tesis de Pregrado). Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador.
- Ministerio del Ambiente (MAE). (2012). La industria de los cueros (a base de sales de cromo, con agentes vegetales). En *Estudio de potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador* (pp. 127-139). Ecuador.
- Mohamed, A. Dai, H. Zhao, J. Sun, H. Cao, F. Zhang, G. y Wu, F. (2011). Effects of Cadmium, Chromium and Lead on Growth, Metal Uptake and Antioxidative Capacity in *TypHa angustifolia*. *Biological Trace Element Research*, 142, 77–92.

- Molina, J., y Angulo, L. (2020). Diseño de un Sistema de Tratamiento de aguas residuales provenientes de curtiembres con carbón activado modificado con nanopartículas magnetizadas. Tesis de Pregrado. Universidad Católica de Colombia.
- Montoya, C., Loaiza, D., Torres, P., Cruz, C., y Escobar, J. (2011). Efecto del incremento en la turbiedad del agua cruda sobre la eficiencia de procesos convencionales de potabilización. *Revista EIA*. (16). 137-148.
- Morales, M. G. (2013). *Centro turístico integral Cotacachi*. Católica del Ecuador.
- Moreno Avendaño, J. Miguel Velasco, A. y Torres Valdez, J. (2014). *El cambio climático en una comunidad originaria. Cuilapam de Guerrero*.
- Oleas, J. (2011). Zapatos de cuero de vestir para exportación. FLACSO.
- ONU, O. de las N. U. (1992). *Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*. 1972, 1–5.
- Ortiz, N. y Carmona, J. (2015). Aprovechamiento de cromo eliminado en aguas residuales de curtiembres (San Benito, Bogotá), mediante tratamiento con sulfato de sodio. *Luna Azul*, (40), 117–126.
- Otiniano, M. Tuesta, L. Robles, H. Luján, M. y Chávez, M. (2007). Capacity of chromium VI bioremediation from waste waters of tanneries by *Pseudomonas* sp and its effect over the cellular cycle of *Allium cepa*. *Revista Médica Vallejana*, 4(4), 32–42.
- Pimienta, R. (2000). Encuestas probabilísticas vs. no probabilísticas. *Política y Cultura*, 13, 263-276.
- Quishpe Molina, L. (2016). *Riesgo ambiental por la utilización del cromo en Curtipiel Castro, Provincia de Tungurahua*. (Tesis de Pregrado). Universidad Técnica de Cotopaxi. Latacunga, Ecuador.
- Rashmi, V. y Pratima, D. (2013). Heavy metal water pollution- A case study. *Recent Research in Science and Technology*, 5(5), 98–99.
- Reyes, Y. Vergara, I. Torres, O. Días, M. y Gonzáles, E. (2016). Heavy metals contamination: implications for health and food safety. *Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo*, 16(2), 66–77.
- Rocha, O. (2008). Contaminación por metales pesados. *Ciencia y Cultura*, 20(1), 173–178.

- Rodríguez, C. (2007). *Demanda química de oxígeno por refluo cerrado y volumétrica*. Colombia.
- Rodríguez, D. (2017). Intoxicación ocupacional por metales pesados. *MEDISAN*, 15(6), 773–779.
- Romero, T., y Vargas, D (2017). Uso de microorganismos eficientes para tratar aguas contaminadas. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 38(3), 88-100
- Samboni, E. Carvajal, Y. y Escobar, J. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Ingeniería e Investigación*, 27(3), 172–181.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. *Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT*, (1996).
- Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo. (2017). *Plan Nacional de Desarrollo 2017 2021*
- Suárez Escobar, A. Agudelo, R. Forero Urrego, J. (2013). Calidad del agua en la quebrada Reyes del municipio de La Vega - Cundinamarca. *Avances: Investigación En Ingeniería*, 10(2), 87-92.
- Suarez, A., García, C., y Vaca, M. (2012). Identificación y evaluación de la contaminación del agua por curtiembres en el municipio de Villapinzón. *Tecnura*, 16(2),185-193.
- Suárez, S. y Molina, E. (2014). El desarrollo industrial y su impacto en el medio ambiente. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 52(3), 357–363.
- Tapia, J., Freer, J., Mansilla, H., Villaseñor, J., Bruhn, C., y Basualto, S. (2002). Estudio de reducción fotocatalizada de cromo hexavalente. *Boletín de la Sociedad Chilena de Química*. 47 (4). 469-476.
- Téllez, J., Carvajal, R., y Gaitán, A. (2004). Aspectos toxicológicos relacionados con la utilización del cromo en el proceso productivo de curtiembres. *Revista Facultad de Medicina Universidad Nacional de Colombia*. 52 (1). 50-61.
- Tituaña Armas, M. L. (2012). *Evaluación comparativa de la gestión ambiental municipal de las aguas residuales en la provincia de Imbabura*. (Tesis de Pregrado). Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador.
- Varea, A. Barrera, C. Maldonado, A. Endara, L. y Real, B. (1997). *Ecologismo*

Ecuadoria. Quito, Ecuador.

Vargas, D., y Amurrio, D. (2017). Alternative of process of tanning with high depletion of Chromium for the traditional tanneries of the city of Cochabamba. *Acta Nova 8 (1)*, 3-30.

Zambrano, F. e Isaza, H. (1994) Demanda química de oxígeno y nitrógeno total, de los subproductos del proceso tradicional de beneficio húmedo del café. *Cenicafé*, 49 (4): 279-289

World Meteorological Organization, y United Nations Educational and Scientific Organization. (1998). International Glossary of Hydrology

ANEXOS

Anexo 1.-Registro Fotográfico del proceso de la investigación en campo y análisis de muestras.



Figura 16.- Medición de variables insitu y toma de muestras para análisis exsitu

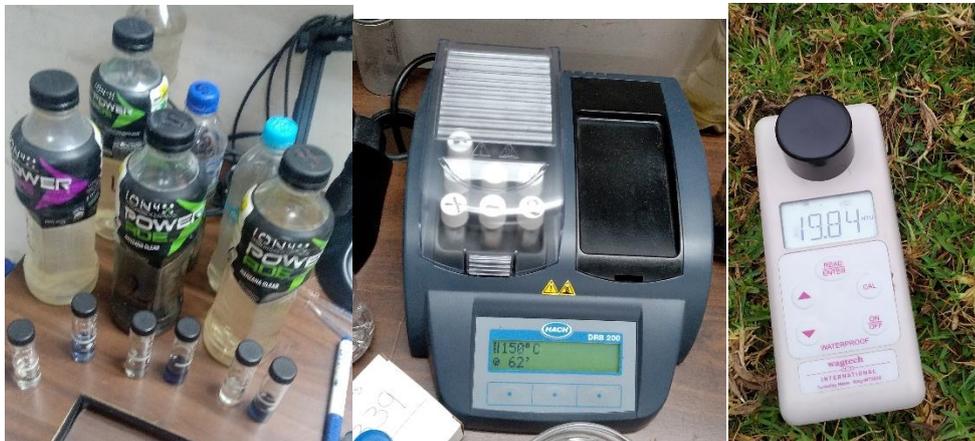


Figura 17.- Muestras para variables exsitu, bloque reactor para análisis de DQO, y turbidímetro para medir la turbiedad.



Figura 18.- Socialización de la problemático entra Gobierno Provincial y GAD Santa Ana de Cotacachi



Figura 19.- Visita a curtiembre artesanal en Cotacachi.



Figura 20.- Piel curtida con sales de cromo en estado Wetblue



Figura 21.- Recorrido por las riberas del río Pichaví.



Figura 22.- Toma de muestras con el equipo Técnico de la Universidad Técnica del Norte



Figura 23.- Toma de muestras con el equipo Técnico de la Prefectura de Imbabura.

Anexo 2.- Análisis de varianza

pH					
Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
PH	30	0,13	0,00	5,62	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Puntos	0,61	5	0,12	0,70	0,6285
Error	4,15	24	0,17		
Total	4,76	29			
Test:LSD	Fisher	Alfa=0,05	DMS=0,54307		
Error:	0,1731	gl:	24		
Puntos	Medias				
p3	7,64	A			
p5	7,48	A			
p6	7,44	A			
p4	7,37	A			
p1	7,34	A			
p2	7,17	A			
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0,05)					

Conductividad					
Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
Conductividad	30	0,33	0,19	20,86	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Puntos	141684,30	5	28336,86	2,33	0,0733
Error	291476,00	24	12144,83		
Total	433160,30	29			
Test: LSD	Fisher	Alfa=0,05	DMS=143,85140		
Error:	12144,8333	gl:	24		
Puntos	Medias				
p5	610,60	A			
p4	584,80	A	B		
p3	558,00	A	B	C	
p6	541,80	A	B	C	
p2	456,60	B	C		
p1	418,00	C			
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0,05)					

Sólidos disueltos					
Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
Sólidos disueltos	30	0,13	0,00	43,65	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Puntos	90422,25	5	18084,45	0,69	0,6387
Error	632784,58	24	26366,02		
Total	723206,83	29			
Test: LSD	Fisher	Alfa=0,05	DMS=211,95352		
Error:	26366,0240	gl:	24		
Puntos Medias					
p5	448,00	A			
p4	433,00	A			
p6	383,80	A			
p2	341,40	A			
p3	328,56	A			
p1	297,00	A			
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0,05)					
Temperatura					
Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
Temperatura	30	0,28	0,13	6,82	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Puntos	14,78	5	2,96	1,88	0,1348
Error	37,67	24	1,57		
Total	52,45	29			
Test: LSD	Fisher	Alfa=0,05	DMS=1,63531		
Error:	1,5695	gl:	24		
Puntos Medias					
p5	19,38	A			
p4	18,82	A			
p6	18,38	A	B		
p2	18,30	A	B		
p3	18,26	A	B		
p1	17,06	B			
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0,05)					

Turbiedad					
Variable	N	R²	R²	Aj	CV
Turbiedad	30	0,51	0,41	71,05	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Puntos	11245,92	5	2249,18	4,99	0,0028
Error	10813,76	24	450,57		
Total	22059,68	29			
Test: LSD	Fisher	Alfa=0,05	DMS=27,70774		
Error:	450,5735	gl:	24		
Puntos	Medias				
p2	67,70	A			
p6	40,66	A	B		
p5	24,29	B	C		
p3	19,75	B	C		
p1	17,10	B	C		
p4	9,74	C			
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0,05)					

Cr (VI)					
Variable	N	R²	R²	Aj	CV
Cr (VI)	30	0,63	0,55	143,21	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Puntos	0,01	5	1,9E-03	8,05	0,0001
Error	0,01	24	2,3E-04		
Total	0,01	29			
Test: LSD	Fisher	Alfa=0,05	DMS=0,01994		
Error:	0,0002	gl:	24		
Puntos	Medias				
p6	0,05	A			
p5	0,02	B			
p4	0,00	B			
p1	0,00	B			
p2	0,00	B			
p3	0,00	B			
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0,05)					

Oxigeno Disuelto					
Variable	N	R²	R²	Aj	CV
O D	30	0,80	0,75	21,36	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Puntos	85,26	5	17,05	18,74	<0,0001
Error	21,84	24	0,91		
Total	107,10	29			
Test: LSD	Fisher	Alfa=0,05	DMS=1,24527		
Error:	0,9101	gl:	24		
Puntos	Medias				
p1	6,83	A			
p4	4,93	B			
p2	4,87	B			
p3	4,86	B			
p5	4,14	B			
p6	1,18	C			
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0,05)					

%Oxigeno Disuelto					
Variable	N	R²	R²	Aj	CV
%O	30	0,80	0,76	20,74	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Puntos	16997,45	5	3399,49	19,52	<0,0001
Error	4180,09	24	174,17		
Total	21177,53	29			
Test: LSD	Fisher	Alfa=0,05	DMS=17,22683		
Error:	174,1703	gl:	24		
Puntos	Medias				
p1	95,94	A			
p4	70,96	B			
p2	69,38	B			
p3	69,28	B			
p5	59,68	B			
p6	16,50	C			
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0,05)					

(NO₂)⁻					
Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
NO2	30	0,40	0,28	111,47	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Puntos	0,28	5	0,06	3,25	0,0221
Error	0,42	24	0,02		
Total	0,70	29			
Test: LSD	Fisher	Alfa=0,05	DMS=0,17246		
Error:	0,0175	gl:	24		
Puntos	Medias				
p4	0,27	A			
p5	0,19	A	B		
p3	0,17	A	B	C	
p2	0,04	B	C		
p6	0,04	B	C		
p1	1,4E-03	C			
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0,05)					

(NO₃)⁻					
Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
NO3	30	0,59	0,50	60,30	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Puntos	15,80	5	3,16	6,81	0,0004
Error	11,14	24	0,46		
Total	26,94	29			
Test: LSD	Fisher	Alfa=0,05	DMS=0,88947		
Error:	0,4643	gl:	24		
Puntos	Medias				
p6	2,64	A			
p3	1,22	B			
p5	0,92	B	C		
p2	0,88	B	C		
p4	0,80	B	C		
p1	0,32	C			
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0,05)					