



**Evaluación de la influencia contaminante por metales pesados en
los desfogues acuosos de lubri-lavadoras**

Salazar Bonilla, Luis Miguel

Departamento de ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería en Petroquímica

Trabajo de Titulación, Previo a la Obtención del Título de Ingeniero en
Petroquímica

Rodríguez Maecker, Román Nicolay, PhD.

18 de octubre del 2020



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

CERTIFICACIÓN

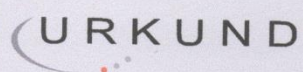
Certifico que el trabajo de titulación, **“Evaluación de la influencia contaminante por metales pesados en los desfogues acuosos de lubri-lavadoras”** fue realizado por el señor **Salazar Bonilla, Luis Miguel** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 18 de octubre del 2020



Firmado electrónicamente por:
**ROMAN NICOLAY
RODRIGUEZ
MAECKER**

.....
Ph. D Rodríguez Maecker, Román Nicolay
DIRECTOR



Urkund Analysis Result

Analysed Document: Tesis - Luis Salazar.docx (D81642487)
Submitted: 10/14/2020 4:11:00 PM
Submitted By: terasalepou@gmail.com
Significance: 4 %

Sources included in the report:

Informe Tesis.docx (D54119993)
TESIS_JOSUEREINOSO_2020.docx (D64846628)
Tesis escrito (2).docx (D14945552)

Instances where selected sources appear:

14





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

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

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Salazar Bonilla, Luis Miguel**, con cédula de ciudadanía n°0503930513, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **"Evaluación de la influencia contaminante por metales pesados en los desfuegos acuosos de lubri-lavadoras"** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 18 de octubre del 2020

Luis Miguel Salazar Bonilla

C.C.: 0503930513



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

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo **Salazar Bonilla, Luis Miguel** con cédula de ciudadanía n°0503930513, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“Evaluación de la influencia contaminante por metales pesados en los desfuegos acuosos de lubri-lavadoras”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra responsabilidad.

Latacunga, 18 de octubre 2020

Luis Miguel Salazar Bonilla

C.C.: 0503930513

DEDICATORIA

Este logro académico se lo dedico a mi familia, las personas más importantes en la vida de un ser humano y con las que compartes todo momento.

A mi madre María Piedad por estar conmigo apoyándome incondicionalmente a lo largo de toda mi vida estudiantil. Siempre enseñándome a nunca rendirme, a pesar de cualquier adversidad que se presente. Para todos sus hijos y sobre todo para mí siempre será un ejemplo de fuerza, perseverancia y honestidad.

A mi padre Luis Aníbal por aconsejarme y ayudarme en los momentos más difíciles de todo este proceso, usted supo trasmitirme las palabras correctas en el momento adecuado, sin su ayuda no lo habría logrado.

A mis hermanos Michelle y Byron, por estar siempre apoyándome a su manera, crecimos juntos ayudándonos en todo lo que podíamos y espero sigamos así toda nuestra vida.

A mi novia Brenda por ser ese apoyo emocional durante todo este tiempo, estuviste a mi lado dándome ánimos en los malos momentos y celebrando los pequeños logros. Jamás olvidaré todo el apoyo que me diste y la fe que tienes en mí, eres una persona muy importante para mí.

Luis Miguel

AGRADECIMIENTOS

Mi Agradecimiento profundo para mi tutor Ph. D Roman Rodriguez Maecker, quien con su experiencia, paciencia y conocimiento supo apoyarme para poder completar este proyecto. Muchas gracias de todo corazón.

A todos mis profesores que a lo largo de mi carrera universitaria me guiaron, enseñaron e inculcaron no solo en la parte académica, sino también valores humanos muy importantes para la vida profesional.

A mi querida Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga, que siempre se ha caracterizado por perseguir la excelencia.

A mis compañeros de clase Christopher, Rodrigo, David, Alex, Gess y Fabricio, que a lo largo de toda nuestra vida estudiantil logramos formar una verdadera amistad con los que compartí incontables momentos académicos y sociales los cuales nos han formado las personas que somos ahora y que estoy seguro que durarán en nuestra memoria toda la vida

Luis Miguel

ÍNDICE DE CONTENIDO

CARÁTULA	1
CERTIFICACIÓN	2
URKUND.....	3
RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA	4
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN.....	5
DEDICATORIA	6
AGRADECIMIENTOS	7
ÍNDICE DE TABLAS.....	10
ÍNDICE DE FIGURAS	11
RESUMEN	12
ABSTRACT.....	13
1. Introducción.....	14
1.1. Antecedentes	14
1.2. Planteamiento del problema	15
1.3. Justificación e importancia.....	17
1.4. Objetivos	17
1.4.1. Objetivo general	18
1.4.2. Objetivos específicos	18
2. Marco Teórico.....	19
2.1. Contaminación ambiental	19
2.2. Actividades antropogénicas.....	19
2.3. Contaminación de agua.....	20
2.4. Contaminación por metales pesados.....	20
2.4.1. Hierro.	21
2.4.2. Zinc.	21
2.5. Metodologías APHA	21
2.5.1. APHA 3111 B y APHA 3030 B.....	21
2.6. Espectrometría de absorción.....	22
2.6.1. Espectrometría de absorción atómica.	22
2.6.2. Espectrometría de absorción atómica a la llama.	23
3. Metodología	24
3.1. Ubicación	24
3.2. Muestreo del Agua	26
3.3. Estudio de Metales Pesados	26
3.4. Análisis de metales pesados.....	27
3.4.1. Equipos y suministros.....	27
3.4.2. Reactivos y normas.....	27

3.4.3.	Preparación de la muestra	27
3.4.4.	Análisis por espectrometría de absorción atómica de llama	28
3.4.5.	Calibración para hierro	29
3.4.6.	Calibración para zinc.....	30
3.5.	Análisis estadístico.....	31
4.	Resultados y discusión	32
4.1.	Análisis de las muestras de agua	32
4.2.	Hierro	33
4.3.	Zinc	36
5.	Conclusiones y recomendaciones.....	40
5.1.	Conclusiones.....	40
5.2.	Recomendaciones.....	41
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42
	ANEXOS.....	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Metales que se pueden analizar siguiendo la metodología APHA 3111B.....</i>	22
Tabla 2	<i>Recolección de muestras en las lubri-lavadoras en la ciudad de Latacunga.....</i>	26
Tabla 3	<i>Elementos a ser analizados con sus respectivas longitudes de onda.....</i>	28
Tabla 4	<i>Datos de calibración para Fe.....</i>	29
Tabla 5	<i>Datos de calibración para Zn.....</i>	30
Tabla 6	<i>Diseño de bloques completos aleatorizados para cada metal analizado en las muestras de agua obtenidas en las lubri-lavadoras de la ciudad de Latacunga.....</i>	31
Tabla 7	<i>Análisis de Varianza de la concentración del hierro.....</i>	35
Tabla 8	<i>Prueba t de student para los valores de concentración del hierro.....</i>	36
Tabla 9	<i>Análisis de Varianza de la concentración del zinc.....</i>	39
Tabla 10	<i>Prueba t de student para los valores de concentración del zinc.....</i>	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Ubicación de la Lubri-Lavadora Lubrimotor's	25
Figura 2.	<i>Ubicación de la Lavadora Express J.C.</i>	25
Figura 3.	<i>Curva de calibración para hierro</i>	29
Figura 4.	<i>Curva de calibración para zinc</i>	30
Figura 5.	<i>Media de los valores de concentración (mg/L) del hierro y zinc respecto a las Lubri-lavadoras muestreadas</i>	33
Figura 6.	<i>Comparación de los resultados de la concentración (mg/L) del hierro de las muestras de la Lubri-lavadora Lubrimotor's</i>	34
Figura 7.	<i>Comparación de los resultados de la concentración (mg/L) del hierro de las muestras de la Lubri-lavadora Lavadora Express J.C</i>	35
Figura 8.	<i>Comparación de los resultados de la concentración (mg/L) de zinc de las muestras de la Lubri-lavadora Lubrimotor's</i>	37
Figura 9.	<i>Comparación de los resultados de la concentración (mg/L) de zinc de las muestras de la Lubri-lavadora Lavadora Express J.C</i>	38

RESUMEN

La principal orientación del proyecto de tesis consiste en determinar y analizar la presencia de metales pesados en muestras de agua, empleando la técnica de espectrofotometría de absorción atómica de llama. Inicialmente se obtuvieron 28 muestras de agua pertenecientes a la lubri-lavadora Lubrimotor's y Lavadora Express J.C. ubicadas en la ciudad de Latacunga, las muestras se distribuyeron en 2 períodos (mañana y tarde) y durante 7 días, incluyendo fines de semana, para evidenciar las diferencias entre días hábiles y no hábiles. Se realizó un estudio previo de los establecimientos para determinar las zonas de recolección de las muestras y los horarios más adecuados. Se evidenció mediante espectrometría de absorción atómica de llama la presencia y composición específica de Hierro (Fe) y Zinc (Zn). Finalmente se aplicó un diseño de bloques completos aleatorizados para cada metal analizado y un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95% ($\alpha=0.05$). Obteniendo así, los valores estadísticos pertinentes para el posterior análisis e interpretación gráfica de los resultados, además de la revisión de la legislación ambiental vigente en el Ecuador, para comparar las las concentraciones obtenidas con los límites máximos permisibles de concentración de cada metal analizado, para descargas directas en cuerpos de agua dulce. Los dos establecimientos sobrepasaron el límite permisible para el Fe, mientras que para el Zn solamente un establecimiento sobrepasó los límites.

PALABRAS CLAVE:

- **METALES PESADOS**
- **LUBRILAVADORAS**
- **ESPECTROMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA**

ABSTRACT

The main orientation of the thesis project is to determine and analyze the presence of heavy metals in water samples, using the flame atomic absorption spectrophotometry technique. Initially, 28 water samples were obtained from the Lubrimotor's Car Wash and Car Wash Express J.C. Located in Latacunga City, the samples were distributed in 2 periods (morning and afternoon) and during 7 days, including weekends, to show the differences between working and non-working days. A preliminary study of the establishments was carried out to determine the areas for collecting the samples and the most appropriate hours. The presence and specific composition of Iron (Fe) and Zinc (Zn) were evidenced by flame atomic absorption spectrometry. Finally, a complete randomized block design was applied for each metal analyzed and an analysis of variance (ANOVA) with a confidence level of 95% ($\alpha = 0.05$). Thus, obtaining the relevant statistical values for the subsequent analysis and graphic interpretation of the results, in addition to the review of the environmental legislation in force in Ecuador, for the correct interpretation of said results, to compare the concentrations obtained with the maximum permissible concentration limits of each analyzed metal, for direct discharges in bodies of water. The two establishments exceeded the allowable limit for Fe, while for Zn only one establishment exceeded the limits.

KEY WORDS:

- **HEAVY METALS**
- **CARWASH**
- **ATOMIC ABSORPTION SPECTROPHOTOMETRY**

1. Introducción

1.1. Antecedentes

En la actualidad uno de los temas con mayor importancia es la “contaminación”, debido a que los efectos de la misma son notorios en el medio ambiente y en la salud de la población, ocasionados por una gran variedad de elementos tóxicos los cuales se derivan de actividades que tienen como objetivo principal mejorar y facilitar el estilo de vida del ser humano (Hidalgo, 2013). De esta forma, la contaminación ambiental se considera como uno de los grandes problemas que aquejan a la sociedad del siglo XXI. La disminución en la calidad del aire, de los recursos hídricos y de los suelos se encuentra en un constante crecimiento exponencial (Gutierrez, 2015), lo que pone en riesgo el cumplimiento de uno de los objetivos de desarrollo del milenio de la ONU, y que se basa en asegurar la disponibilidad y la gestión sostenible de agua y saneamiento para todos, otorgándole al agua un carácter prioritario para todos los países miembros (ONU-DAES, 2015).

El agua es uno de los recursos naturales indispensables del cual depende la supervivencia del hombre como especie; sin embargo, el desconocimiento de las posibles consecuencias y la falta de planificación ocasionaron la contaminación de este recurso natural, el cual, a pesar de ser necesario para la vida, ha sido afectado por sustancias cuya agresividad ha ido aumentando así como su tratamiento se ha vuelto mucho más difícil, todo esto es debido a la naturaleza química de todas las sustancias que son arrojadas a los cuerpos de agua (Samboni, 2007).

La importancia de la calidad del agua ha tenido un lento desarrollo, reconociendo “el agua” como origen de numerosas enfermedades infecciosas. Como consecuencia se tiene más de 4 millones de niños como víctimas mortales al año, debido a enfermedades adquiridas por aguas contaminadas, así como también la desaparición total o en peligro de extinción de aproximadamente 20% de las especies de agua dulce en el mundo (Martínez, Fonseca, Ortega, García, 2009).

Entre los procesos que influyen en la contaminación de este recurso tenemos principalmente, la minería, los procesos industriales y los residuos domésticos. Los metales pesados se encuentran entre los componentes químicos potencialmente más tóxicos. El aporte de estos metales pesados al ciclo hidrológico en su mayoría

es de origen antropogénico, es decir debido a la actividad humana. Por lo tanto, es fundamental el realizar estudios de la calidad del agua (Rodríguez, 2012).

Actualmente se han evidenciado algunos problemas de contaminación ambiental debido a las aguas residuales que son vertidas directamente en los ríos y mares en ciertas zonas pobladas del Ecuador. A pesar de lo mencionado, solamente algunas ciudades cuentan con empresas dedicadas al control de aguas residuales y al adecuado procedimiento para evitar la contaminación de los recursos hídricos (Zuñiga, 2011).

En la ciudad de Latacunga provincia de Cotopaxi, se genera aguas residuales mediante la actividad domestica e industrial, también se toma en cuenta los establecimientos comerciales de lubri-lavadoras, las cuales descargan gran cantidad de aguas residuales utilizadas en sus servicios aportando así, a los problemas de contaminación ambiental del sector.

Esto se debe a que el aceite lubricante quemado indirectamente vertido al rio sin previo tratamiento por este tipo de actividad puede contener diversos compuestos químicos tales como metales pesados en mayor proporción, además de hidrocarburos aromáticos polinucleares, benceno y algunas veces solventes clorados, PCBs, etc. (Fong, 2017).

Por las razones expuestas anteriormente, se ha visto necesario si no indispensable realizar una determinación de metales pesados en lubri-lavadoras ubicadas en la ciudad de Latacunga. En el estudio se propone analizar los metales que sean capaces de causar daño a la salud y sean indicadores de las enfermedades más frecuentes en habitantes de la ciudad.

1.2. Planteamiento del problema

Se sabe que la disminución en la calidad de los recursos naturales a nivel mundial en su mayor parte es consecuencia del vertido de aguas residuales sin un previo tratamiento, las cuales, tienen sustancias contaminantes provenientes tanto de las actividades domésticas como industriales. Desafortunadamente, el desarrollo humano trae consigo un incremento en la contaminación ambiental, lo que se puede evidenciar en casi todos los países del mundo.

Hoy en día países en desarrollo como Ecuador, se han dado a la tarea de valorar el impacto asociado a la contaminación ambiental. De esta manera, se ha

conseguido cierto progreso en la prevención y el control de los niveles de contaminación, manteniendo siempre presente el desarrollo sostenible.

En nuestro país varias industrias generan una serie de contaminantes que son vertidas en los ríos sin ningún pre tratamiento, siendo el origen secundario de la contaminación ambiental descrita, mientras que el origen principal son las actividades domésticas y drenajes que en la mayoría de ciudades del Ecuador son descargadas directamente a los ríos cercanos. SENAGUA (Secretaría Nacional del Agua), en las ciudades de Quito y Latacunga, ha identificado a los ríos Machángara y Cutuchi respectivamente, como ríos muertos con niveles de contaminación excesivamente altos (Hidalgo, 2013).

La ciudad de Latacunga presenta graves problemas de contaminación, reportándose en el año 2016 un Índice de Calidad del Agua (ICA) del 26,90% (de agua de mala calidad) y en el año 2018 un 9,18% (de agua de muy mala calidad) (El Telégrafo, s.f.). A pesar de esta realidad, no se ha evidenciado un monitoreo permanente y continuo de las fuentes y niveles de contaminación del recurso hídrico, de los cuales serán objeto del presente estudio las aguas residuales de la lavadora Lubrimotor's y lavadora express J.C. de la ciudad de Latacunga, mismas que tienen el potencial de contaminar el recurso hídrico de la ciudad.

De esta forma se genera graves problemas de tipo ambiental, social y de salud pública, siendo afectadas directamente las poblaciones rurales que se ubican en zonas cercanas a las descargas y vertidos de los desechos contaminantes en el agua. Se afecta a 19.000 hectáreas de cultivos que se consumen en gran parte localmente, en los que se utiliza el sistema de riego Latacunga-Salcedo Ambato, que toma agua directamente de la unidad hídrica Cutuchi. (Subsecretaría de Riego y Drenaje, 2019)

Hoy en día se puede evidenciar un incremento significativo en el número de enfermedades, en su mayoría ocasionadas por infecciones estomacales (enfermedades diarreicas agudas), las cuales se genera por la mala calidad de agua y alimentos. Lo mismo que no se puede tomar a la ligera, ya que estas enfermedades se posicionan entre las 10 principales causas de mortalidad y morbilidad en el Ecuador (Palacios, 2013). Entre las principales sustancias químicas causantes de graves efectos negativos e irreversibles en la salud, consideradas como potencialmente tóxicas, no degradables y de tipo acumulativo se encuentran los metales pesados.

1.3. Justificación e importancia

Hoy en día, es notable la necesidad de superar los problemas de contaminación en los recursos hídricos en la ciudad de Latacunga, principalmente la contaminación de los Ríos que atraviesan la misma. Estos son contaminados día a día, a través de los efluentes residuales producto de las actividades domestico-industriales de la población, como lo son las realizadas por empresas lubri-lavadoras ubicadas en el centro y en las afueras de la ciudad.

Este tipo de actividad podría estar influyendo directamente en la calidad del agua debido al vertido directo de aceites lubricantes de motor usados y productos químicos de limpieza en el agua. Por lo tanto, representa una potencial fuente de contaminación y de efectos negativos a corto y largo plazo en la población y en sus actividades productivas, para lo cual se considera necesario el análisis pertinente de los componentes potencialmente tóxicos, como son los metales pesados, y así diagnosticar la situación de los desfogues acuosos de las lubri-lavadoras de la ciudad de Latacunga.

Ante la necesidad de conocer los niveles de contaminación en los recursos hídricos de la ciudad de Latacunga, es necesario realizar un diagnóstico que permita conocer si es necesario considerar al sector económico de las lubri-lavadoras como una fuente de contaminación (metales pesados), ya que dentro de sus actividades están presentes el uso y posterior desecho de aceites lubricantes usados y detergentes a su vez, se puede considerar como fuente de efectos negativos en la salud y en las actividades económicas de la población, a través de sus vertidos de agua contaminada. Es decir, dicho estudio se enfocaría en la valoración (Cuali-cuantificación) y diagnóstico de los desfogues acuosos de empresas de este sector.

Se considera de suma importancia el desarrollar un proyecto que apunte a ejecutar un diagnóstico en las aguas de desfogue de los establecimientos mencionados, que permitan determinar si este tipo de industria representa una fuente principal de contaminación, lo cual serviría de referencia para futuros trabajos y proyectos de diagnóstico de cualquier tipo de desfogue acuoso que se descargue a cualquier otra unidad hídrica que es utilizada a nivel doméstico-industrial en todo el país.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar la influencia contaminante por metales pesados en los desfogues acuosos de lubri-lavadoras.

1.4.2. Objetivos específicos

- Recolectar 28 muestras de agua en los desfogues acuosos de la lubri-lavadora Lubrimotor's y Lavadora Express J.C. en el transcurso de 7 días, una vez en la mañana y otra en la tarde.
- Analizar las muestras recolectadas para cuantificar los metales pesados por medio de espectrofotometría de absorción atómica a la llama.
- Valorar el nivel de significancia de la concentración de los metales pesados conforme la legislación ambiental vigente.

2. Marco Teórico

2.1. Contaminación ambiental

La contaminación ambiental representa un cambio indeseable o no previsto en las características del ambiente, ésta puede ser de naturaleza física, química o biológica y puede tener incidencia en el aire, agua y/o suelo y la misma se evidencia en la flora y fauna del ecosistema afectado (Hidalgo, 2013).

Actualmente en el Ecuador se desarrollan un avance en la legislación del país para prevenir la contaminación del aire, el suelo y el recurso hídrico, así como la identificación del tipo y cantidad de residuos generados. Sin embargo, las acciones tomadas por el gobierno, incluyendo la determinación de los niveles de contaminación ambiental, no lograrán una disminución de la misma proporcional a su ritmo de producción si no se garantiza la búsqueda de las fuentes de dicha contaminación ambiental, para con ella la creación de planes de contingencia ambiental para mitigar las mismas. Por esto, el correcto diagnóstico ambiental es un aspecto fundamental para alcanzar el desarrollo sostenible del país, el mismo servirá para alcanzar las vías de remediación en futuros proyectos referentes al cuidado y protección del medio ambiente.

En la ciudad de Latacunga, el presente estudio aportará al diagnóstico de ciertas actividades comerciales y domésticas, lo que servirá para una remediación en futuros proyectos relacionados a esta unidad hídrica.

2.2. Actividades antropogénicas

Nebel & Wright (1999) definen al termino antropogénico como: “Dícese de los contaminantes y otros efectos en el ambiente que se deben a las actividades humanas”. Por lo general, al referirse a las actividades antropogénicas se habla de la contaminación ambiental causada por las actividades ya sean económicas o domesticas del hombre.

El impacto derivado de diversas actividades antropogénicas conlleva implícitamente a la degradación del medio ambiente. Es así que tanto el crecimiento poblacional e industrial de un país representa una potencial fuente de contaminación (Moreno, 2015). Estas actividades pueden influir en cualquier recurso ambiental (aire, suelo y agua) y pueden provenir de:

- La producción de energía.
- Las actividades industriales.
- Las actividades agrícolas.
- La eliminación de residuos.

2.3. Contaminación de agua.

En la actualidad se ha determinado que más de un millón de sustancias diferentes son introducidas en aguas naturales a través de vertidos antropogénicos. A pesar de que muchas de ellas pueden alterar las características organolépticas del recurso hídrico, perturbar severamente el ecosistema y ser directamente nocivas para el hombre, muchas de ellas no son consideradas como “tóxicas” (Forstner, 1993).

Los problemas de contaminación del recurso vital de los seres vivos tienen su origen hace unos 260 años en la Revolución Industrial y el rápido crecimiento de la población mundial (Dekov, et al., 1998). Creando así, problemas ambientales orientados por la industrialización y por lo tanto en la urbanización muy localizada de la población.

2.4. Contaminación por metales pesados.

La contaminación del recurso hídrico por metales pesados ocasionada ya sea por vía antropogénica y/o natural, afecta seriamente la seguridad alimentaria y la salud pública en la población (EFSA, 2015). Se considera al aceite usado de automotor una posible fuente de contaminación a los recursos hídricos ya que contienen alto contenido de metales pesados, Aluminio (140ppm), Hierro (1527ppm), Zinc (1015ppm) , entre otros, todo esto debido al desgaste de las piezas internas del motor ya que algunos mecanismos comprenden el contacto metal-metal. Todo este aceite usado no es debidamente tratado antes de enviarlo a la unidad hídrica y se lo descarga en las quebradas, en el suelo de los establecimientos o a la intemperie, convirtiéndose en parte de los lixiviados del suelo y terminando inevitablemente en el río (Fong, 2017).

Estudios recientes reportan la existencia de metales pesados y metaloides en algunas hortalizas tales como brócoli, papa, lechuga, entre otras (Chen, 2013). De igual manera, se ha encontrado presencia de diferentes metales en productos cárnicos comestibles resultado de su bioacumulación y movilidad desde el ambiente a las fuentes hídricas (Singh, 2010).

Debido a la elevada toxicidad presentada por los metales pesados, los efectos que causa en la salud resultan alarmantes. Dependiendo el metal o metaloide se pueden producir diferentes afecciones, que van desde daños en órganos vitales hasta la posibilidad de desarrollos cancerígenos (Combariza, 2009). A continuación, se presentan los metales pesados involucrados en el presente trabajo de fin de grado.

2.4.1. Hierro.

El hierro está dentro de los elementos más abundantes en el suelo con un total de 38.000 ppm aproximadamente y se encuentra en distintos estados de oxidación formando los óxidos: óxido ferroso (FeO) y el óxido férrico (Fe_2O_3), formando minerales y rocas en la corteza terrestre (Blasco, 1970). También se puede hablar de una afectación a la salud pública debido al exceso de hierro, específicamente, la hemocromatosis es una enfermedad en la que el cuerpo humano es incapaz de regular la cantidad de hierro y se produce una sobrecarga de este metal, a pesar de que es una enfermedad que se origina por una mutación genética, también hay la posibilidad de adquirirla mediante el consumo excesivo de hierro (Arancibia, 2011)

2.4.2. Zinc.

El zinc es un metal ampliamente aplicado en la industria a pesar de no ser tan abundante en la corteza terrestre ya que solo representa un 0.012%. En los suelos se puede encontrar en una concentración máxima de 50 mg/kg. En la actualidad la mayor parte de este se utiliza en la galvanización de materiales de hierro, los mismos que son ampliamente utilizados en la industria de la construcción, automóviles, etc. Dentro del cuerpo humano es uno de los elementos micronutrientes más abundante, la cantidad de este metal solamente es superada por el hierro (Rubio, et al., 2007). Pero al sobrepasar las cantidades adecuadas se producen problemas de salud, convirtiéndose en un problema si se ingiere en grandes cantidades. (Menéndez, et al., 2008) Afirman que "Tanto el exceso de Zn como el de Cu pueden producir efectos adversos asociados con el deterioro del estado nutricional y alteraciones en la respuesta inmune". (p.374)

2.5. Metodologías APHA

2.5.1. APHA 3111 B y APHA 3030 B.

La metodología APHA 3111 B es un procedimiento para determinar la concentración de metales pesados de muestras acuosas por espectrometría de

absorción atómica con llama (FLAA), los metales que se puede determinar mediante este método se indican en la Tabla 1. En caso de ser metales disueltos los que se requieran determinar, se tiene que seguir las indicaciones de la Sección 3030 B. (APHA, 1999)

Tabla 1.

Metales que se pueden analizar siguiendo la Metodología APHA 3111 B.

Metodología 3111 B (Metales)			
Antimonio	Estroncio	Plata	Cobre
Bismuto	Hierro	Platino	Niquel
Cadmio	Iridio	Potasio	Talio
Calcio	Litio	Rodio	Cromo
Cesio	Magnesio	Rutenio	Plomo
Cobalto	Manganeso	Sodio	Zinc

Nota: Recuperado de American Public Health Association

Los procedimientos a emplearse, serán descritos en la metodología del presente proyecto de investigación.

2.6. Espectrometría de absorción

Cuando una muestra se la estimula con la ayuda de una fuente de radiación electromagnética externa, uno de los eventos que pueden ocurrir es que dicha radiación sea absorbida y esto a su vez ocasione que algunas de las especies del analito pasen a un estado excitado. En la espectrometría de absorción se mide la cantidad de luz absorbida en función de la longitud de onda remanente, estas mediciones pueden indicar información cualitativa y cuantitativa de las muestras utilizadas. (Skoog, West, Holler, & Crouch, 2015)

2.6.1. Espectrometría de absorción atómica.

En la Actualidad la espectroscopia de absorción atómica (AAS) es el método analítico atómico que más se usa debido a su eficiencia y bajo costo relativo. El

primer espectrómetro de absorción atómica AA fue llevado al mercado en 1959, a partir de este momento la aplicación de esta técnica creció exponencialmente. Los problemas originados por los anchos estrechos de las líneas de absorción atómica fueron la razón principal por la que antes de la fecha mencionada no se utilizaba en gran medida. Problema que se logró solucionar al introducir una fuente de radiación que además de emitir una línea con la misma longitud de onda que la que seleccionó para la medición de la absorción, también era más estrecha. (Skoog, West, Holler, & Crouch, 2015)

2.6.2. Espectrometría de absorción atómica a la llama.

En la espectrometría de absorción atómica de llama, una muestra es aspirada en una llama y es atomizada. Un haz de luz se dirige a través de la llama en un detector que mide la cantidad de luz absorbida por el elemento atomizado.

En algunos metales, esta técnica presenta una mayor sensibilidad sobre la emisión de la llama. Debido a que cada metal tiene su propia longitud de onda de absorción característica, una lámpara de fuente, de compuestos de este elemento se utiliza, lo que hace que el método sea relativamente libre de interferencias espectrales o de la radiación. La cantidad de energía en la longitud de onda característica absorbida en la llama es proporcional a la concentración del elemento en la muestra en un rango de concentración limitada. (Londoño, 2013)

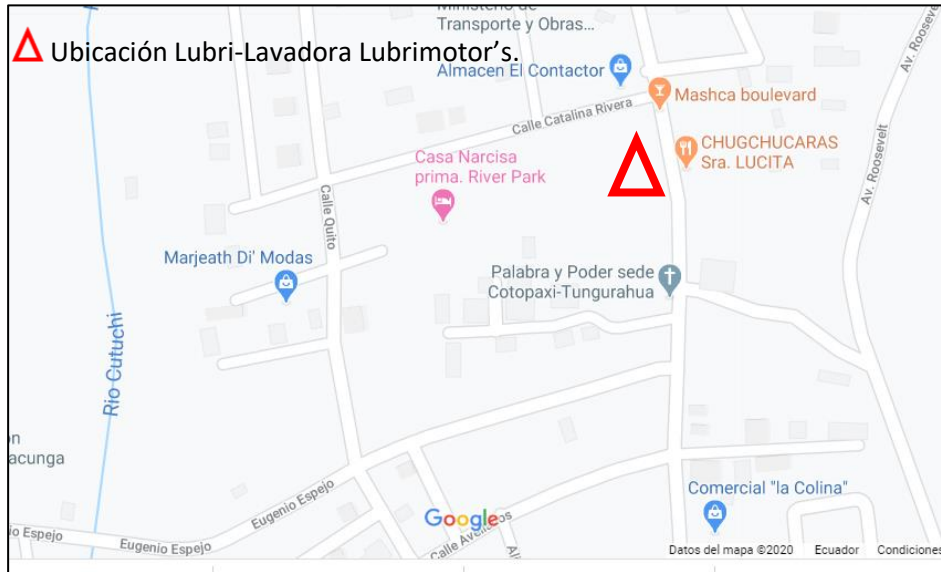
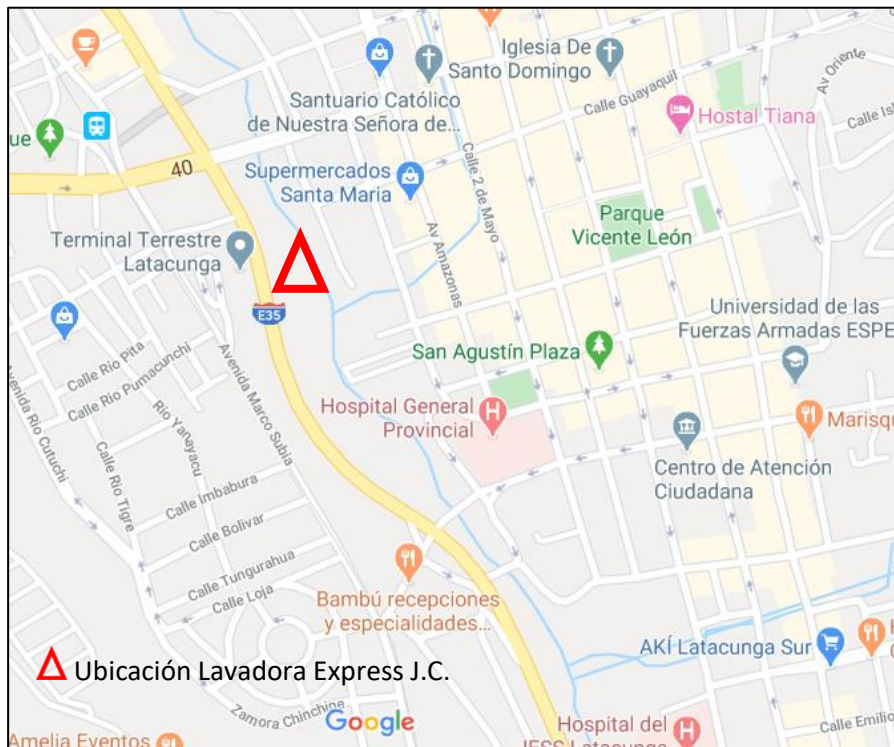
3. Metodología

3.1. Ubicación

La ubicación destinada para el presente proyecto de investigación es la ciudad de Latacunga ubicada al centro-norte de la Región interandina del Ecuador, en la hoya del río Patate, atravesada por los ríos Cutuchi y Pumancunchi, a una altitud de 2750 msnm. Específicamente, en dos lubri-lavadoras ubicadas en el centro y en las afueras de la ciudad.

Las empresas seleccionadas en la ciudad de Latacunga fueron, Lubrimotor's ubicada en la avenida Unidad Nacional entre las calles Eugenio Espejo y Catalina Rivera, y Lavadora Express J.C. ubicada en la calle Eloy Alfaro Frente al terminal terrestre de Latacunga. En las cuales se realizará la respectiva recolección de muestras de agua, en sus respectivos desfogues. Contando previamente con la autorización de los encargados de dichos establecimientos.

En la Figura 1 se presenta la ubicación de la Lubri-lavadora Lubrimotor's la cual envía su desfogue acuoso a una corriente de agua que más adelante se integra al río Cutuchi, mientras que en la Figura 2 podemos observar la ubicación de la Lavadora Express J.C. la que envía su desfogue acuoso directamente al río antes mencionado, esta situación geográfica fue el principal motivo por el que se seleccionó estos establecimientos para el presente trabajo de investigación.

Figura 1.*Ubicación de la Lubri-Lavadora Lubrimotor's**Nota: Imagen extraídas de la aplicación Google Maps (s.f).***Figura 2.***Ubicación de la Lavadora Express J.C**Nota: Imagen extraída de a aplicación Google Maps (s.f).*

3.2. Muestreo del Agua

Las muestras fueron recolectadas en envases de plástico de acuerdo a la Norma NTE INEN 2169 desde el viernes 7 de agosto del 2020 hasta el jueves 13 del mismo, fueron selladas herméticamente para evitar el contacto con el aire atmosférico y conservadas en un lugar fresco, seco y sin exposición a la luz del sol. Se tomó 500 ml en cada muestreo, lo necesario para los análisis requeridos, en el ANEXO 1 se pueden apreciar imágenes de lo realizado. Las muestras se distribuyeron y se codificaron como se indica a continuación en la Tabla 2.

Tabla 2.

Recolección de muestras en las lubri-lavadoras en la ciudad de Latacunga.

	Lub1		Lub2	
	t1	t2	t1	t2
D1	Lub1.D1.t1	Lub1.D1.t2	Lub2.D1.t1	Lub2.D1.t2
D2	Lub1.D2.t1	Lub1.D2.t2	Lub2.D2.t1	Lub2.D2.t2
D3	Lub1.D3.t1	Lub1.D3.t2	Lub2.D3.t1	Lub2.D3.t2
D4	Lub1.D4.t1	Lub1.D4.t2	Lub2.D4.t1	Lub2.D4.t2
D5	Lub1.D5.t1	Lub1.D5.t2	Lub2.D5.t1	Lub2.D5.t2
D6	Lub1.D6.t1	Lub1.D6.t2	Lub2.D6.t1	Lub2.D6.t2
D7	Lub1.D7.t1	Lub1.D6.t2	Lub2.D7.t1	Lub2.D7.t2

Nota: Lub1 = Lubrilavadora Lubrimotor's; Lub2 = Lubrilavadora J.C; D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7= Viernes, Sábado, Domingo, Lunes, Martes, Miércoles, Jueves; t1, t2= 09:00am y 16:00pm

3.3. Estudio de Metales Pesados

Para determinar los niveles de contaminación por metales pesados se empleó las siguientes metodologías: APHA 3030 B para la filtración previa al ingreso de la muestra al equipo de AAS y APHA 3111B para el análisis en muestras de agua mediante espectrometría de absorción atómica de llama

A continuación, se detallan los procedimientos a seguir para el análisis de metales pesados en muestras de agua, empleando como referencia la metodología APHA.

3.4. Análisis de metales pesados.

3.4.1. Equipos y suministros.

A continuación, se presentan los equipos y suministros a emplear en el presente trabajo de investigación (APHA, 1999).

- Matraz cónico (Erlenmeyer) o vasos Griffin, 150 ml, lavados con ácido y enjuagados con agua.
- Vidrio de reloj o equivalente.
- Papel de filtro cualitativo y embudos de filtro o centrifuga.
- Cilindro graduado o equivalente.
- Placa calefactora eléctrica o equivalente - ajustable y capaz de mantenerse a una temperatura de 150 C.
- Espectrofotómetro.

3.4.2. Reactivos y normas.

Los reactivos destinados a emplearse se presentan a continuación, para lo cual, se utilizarán productos químicos de grado analítico en todas las pruebas. Se pueden usar otros grados, siempre que se compruebe primero que el reactivo tiene la pureza suficientemente alta para permitir su uso sin disminuir la precisión de la determinación (APHA, 1999).

- Agua. La misma que debe estar libre de interferencias.
- Ácido nítrico (concentrado). El ácido debe analizarse para determinar el nivel de impurezas.

3.4.3. Preparación de la muestra

A continuación, se describe el procedimiento previo al análisis de las muestras por espectrofotometría de absorción atómica que indica la norma APHA 3030B (APHA, 1999).

- Se transfiere una alícuota de 100 ml de muestra bien mezclada a un vaso de precipitación.
- Se agrega 5 ml de HNO₃ concentrado y se agrega piedras de ebullición. En el caso de usar un vaso de precipitación se cubre la muestra con un vidrio de reloj acanalado y se calienta en un baño de placa caliente a una temperatura 150° C, hasta que el volumen se ha reducido a 10-20 ml.
- Se retira el vaso y dejar enfriar. Se lava las paredes del vaso de precipitados, se filtra o centrifuga la muestra para eliminar los silicatos y otros materiales insolubles que puedan obstruir el nebulizador. El filtro y el aparato de filtración deben limpiarse y enjuagarse a fondo con HNO₃ diluido.
- Finalmente se ajusta el volumen final a 100 ml con agua de grado reactivo.

3.4.4. Análisis por espectrometría de absorción atómica de llama

El análisis requerido se realizará en el espectrómetro Perkin Elmer Modelo Aanalyst 300, en la Tabla 2 se indica la longitud de onda primaria y secundaria, altura de mechero y el flujo de combustible.

Tabla 3

Elementos a ser analizados con sus respectivas longitudes de onda

N.-	Símbolo	Elemento	Longitud de onda (nm)		Flujo de combustible L/min	Tipo de Llama
			Primaria	Flujo de aire L/min		
1	Fe	Hierro	248.6	6,4	1,00	Aire-Acetileno
3	Zn	Zinc	213.9	5,00	1,10	Aire-Acetileno

Nota: Información obtenida de Laboratorios Aqlab

La preparación y puesta a punto del equipo depende del manual del fabricante, se deben seguir las recomendaciones, condiciones y procedimiento paso a paso lo cual se detalla en el ANEXO 3. Es necesario construir las curvas de calibración para cada metal que se desea analizar utilizando estándares a las concentraciones requeridas como se muestra a continuación.

3.4.5. Calibración para hierro

Tabla 4

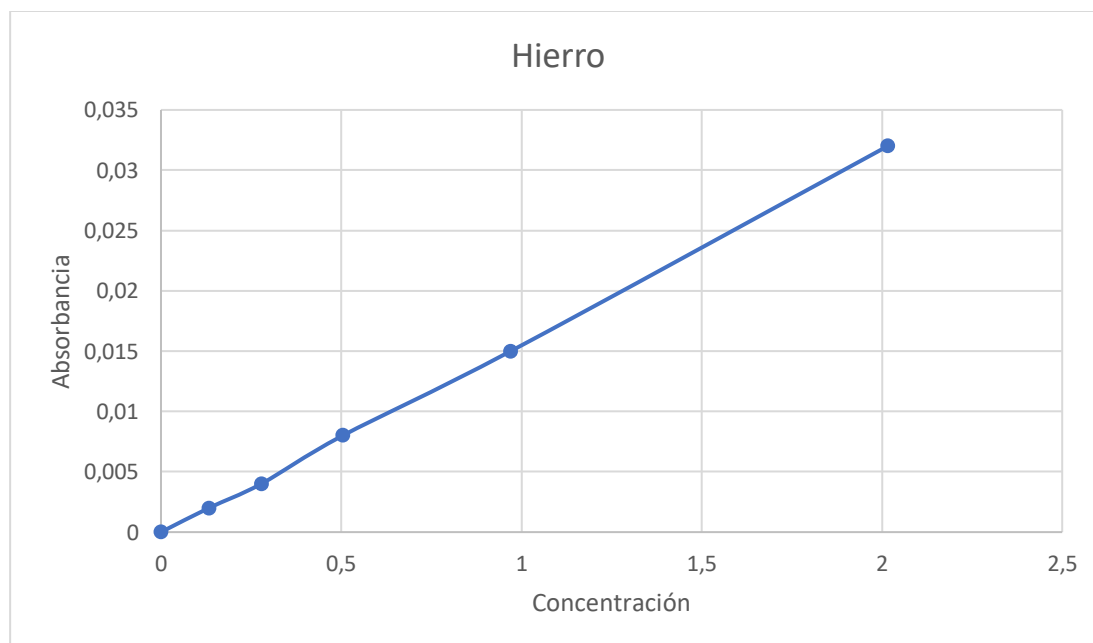
Datos de calibración para Fe

ID Estándar	Señal Principal (Absorbancia)	Concentración Ingresada (mg/L)	Concentración Calculada (mg/L)	Desviación Estándar
Calibración Blanco	0,000	----	0,000	0,000
Estándar 1	0,002	0,10	0,133	0,000
Estándar 2	0,004	0,30	0,278	0,000
Estándar 3	0,008	0,50	0,504	0,000
Estándar 4	0,015	1,00	0,970	0,000
Estándar 5	0,032	2,00	2,016	0,000

Nota: Información obtenida de Laboratorios Aqlab.

Figura 3.

Curva de calibración para hierro



Nota: La imagen representa los datos de calibración, la relación entre absorbancia y concentración.

3.4.6. Calibración para zinc

Tabla 5

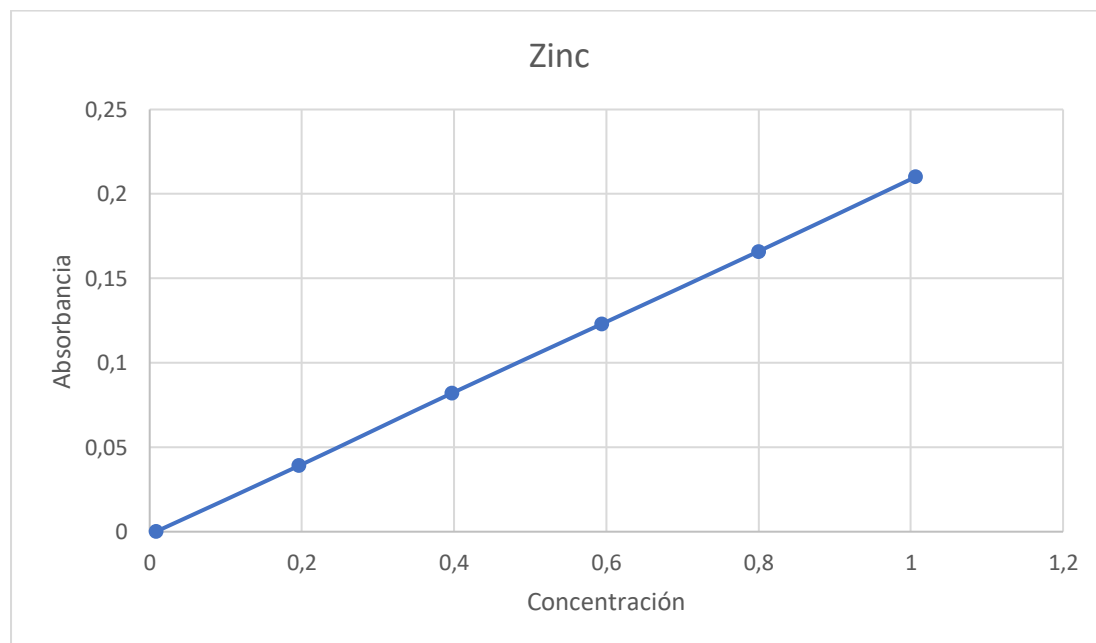
Datos de calibración para Zn

ID Estándar	Señal Principal (Absorbancia)	Concentración Ingresada (mg/L)	Concentración Calculada (mg/L)	Desviación Estándar
Calibración Blanco	0,000	----	0,008	0,002
Estándar 1	0,039	0,20	0,196	0,003
Estándar 2	0,082	0,40	0,397	0,001
Estándar 3	0,123	0,60	0,594	0,004
Estándar 4	0,166	0,80	0,800	0,001
Estándar 5	0,210	1,00	1,006	0,005

Nota: Información obtenida de Laboratorios Aqlab.

Figura 4.

Curva de calibración para zinc



Nota: La imagen representa los datos de calibración, la relación entre absorbancia y concentración.

3.5. Análisis estadístico.

Una vez determinada la concentración de metales pesados en las muestras de agua, dichos valores serán procesados por un programa estadístico, en donde, se obtendrán datos de media, varianza y desviación estándar. Se aplicará también un diseño de bloques completos aleatorizados para cada metal analizado y un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95% ($\alpha=0.05$).

Tabla 6.

Diseño de bloques completos aleatorizados para cada metal analizado en las muestras de agua obtenidas en las lubri-lavadoras de la ciudad de Latacunga.

Muestra de Agua	t1	Muestra de Agua	t2
Lub1.D1.t1		Lub1.D1.t2	
Lub1.D2.t1		Lub1.D2.t2	
Lub1.D3.t1		Lub1.D3.t2	
Lub1.D4.t1		Lub1.D4.t2	
Lub1.D5.t1		Lub1.D5.t2	
Lub1.D6.t1		Lub1.D6.t2	
Lub1.D7.t1		Lub1.D7.t2	
Lub2.D1.t1		Lub2.D1.t2	
Lub2.D2.t1		Lub2.D2.t2	
Lub2.D3.t1		Lub2.D3.t2	
Lub2.D4.t1		Lub2.D4.t2	
Lub2.D5.t1		Lub2.D5.t2	
Lub2.D6.t1		Lub2.D6.t2	

Nota: La tabla representa el diseño de bloques completamente aleatorizados usando la codificación aplicada a cada muestra

4. Resultados y discusión

4.1. Análisis de las muestras de agua

Para el presente trabajo de investigación se consideraron las siguientes variables de estudio: las muestras de agua, la hora y día de toma de muestra, la ubicación de las Lubri-lavadoras y la Norma de regulación ambiental de la República del Ecuador. Las muestras de agua se obtuvieron de dos lubri-lavadoras, Lubrimotor's (Lub 1) ubicada en la avenida Unidad Nacional entre las calles Eugenio Espejo y Catalina Rivera, centro de la ciudad de Latacunga, y Lavadora Express J.C. (Lub 2) ubicada en la calle Eloy Alfaro Frente al terminal terrestre de Latacunga, en las afueras de la ciudad. Se obtuvieron un total de 28 muestras de agua, 14 muestras de cada Lubri-lavadora, 2 veces al día por un total de 7 días. El análisis de concentración de metales pesados se lo hizo para hierro y zinc.

En referencia a los límites máximos permisibles establecidos por la Legislación Ambiental del Ecuador, en la "Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua" se indican los valores de 10.0 mg/L para el hierro y de 5 mg/L para el zinc como límites máximos permisibles en la descarga a un cuerpo de agua dulce. Además, se prohíbe la descarga de residuos líquidos no tratados, que contengan restos de aceite lubricante, grasas, etc, hacia el sistema de alcantarillado, proveniente de talleres mecánicos, vulcanizadoras restaurantes y hoteles (Presidencia de la Republica del Ecuador, 2017).

Se estableció que, del total de muestras, el 50% de ellas sobrepasan los valores máximos permisibles respecto al hierro y pertenecen a las dos Lubri-lavadoras tomadas en cuenta para el presente trabajo de investigación, con respecto a la concentración del zinc, ninguna muestra sobrepasa los valores permisibles. Sin embargo, se detectó una muestra que posee una concentración bastante cercana al límite establecido en la norma ambiental.

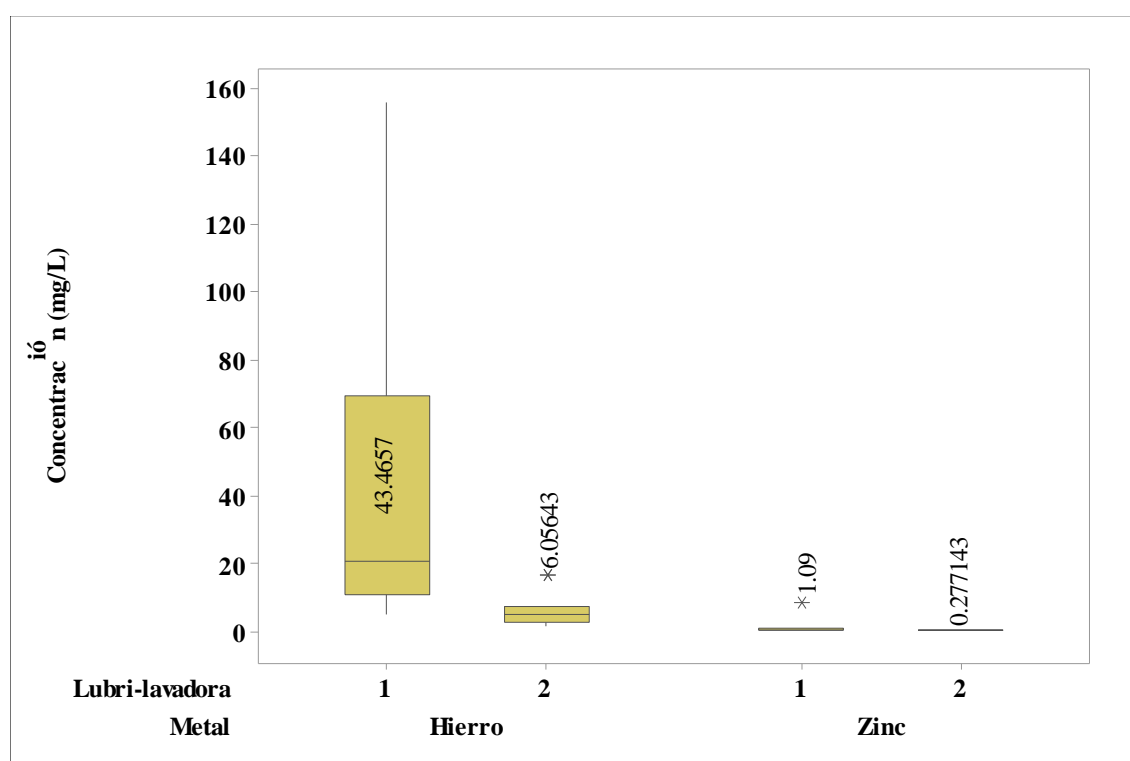
Los valores de concentración del hierro de la Lubri-lavadora Lubrimotor's se encuentran dentro del rango de 5.21 mg/L a 156.00 mg/L y los valores de concentración del zinc dentro del rango de 0.22 mg/L a 8.19 mg/L, mientras que los valores de concentración del hierro de la Lubri-lavadora Lavadora Express J.C. oscilan entre los valores de 1.23 mg/L a 16.30 mg/L y las concentraciones de zinc entre los valores de 0.10 mg/L a 0.66 mg/L.

Los valores de concentración de cada muestra obtenida y a la Lubri-lavadora que pertenecen se encuentran detallados en el Anexo 2.

Los valores de concentración del hierro y el zinc son significativamente más altos en la Lubri-lavadora Lubrimotor's con respecto a la Lubri-lavadora Lavadora Express J.C, la concentración de hierro es 7 veces mayor en la Lubri-lavadora Lubrimotor's, mientras que la concentración de zinc llega a ser 4 veces más alta que la concentración presentada en la Lubri-lavadora Lavadora Express J.C.

Figura 5.

Media de los valores de concentración (mg/L) del hierro y zinc respecto a las Lubri-lavadoras muestreadas



Nota: Se compara los valores de concentración promedio entre las dos lubri-lavadoras

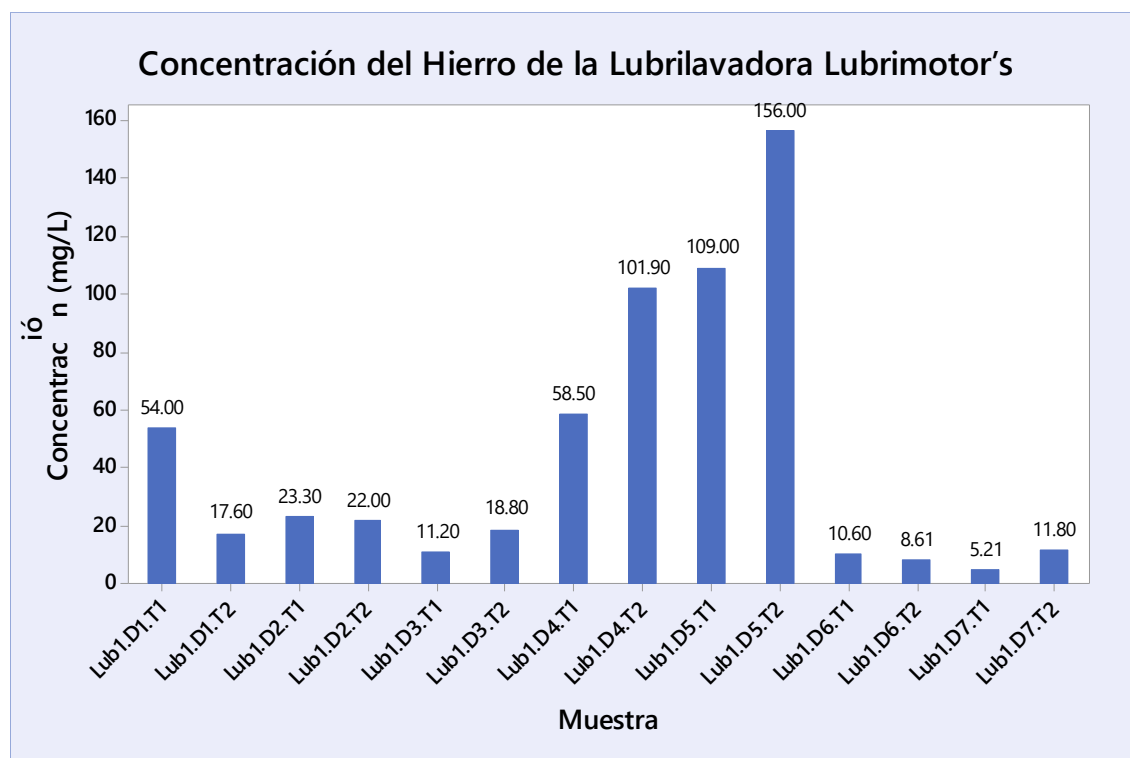
4.2. Hierro

Del total de muestras tomadas en la Lubri-lavadora Lubrimotor's, el 85.71% poseen concentraciones que sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos en la "Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua" (Presidencia de la Republica del Ecuador, 2017), las dos únicas muestras que no sobrepasaron los valores de concentración son Lub1.D6.T2 y Lub1.D7.T1. Mientras que el valor máximo registrado fue de 156.00 mg/L perteneciente a la

muestra Lub1.D5.T2 y el mínimo de 5.21 mg/L de la muestra Lub1.D7.T1, como se muestra en la Figura 6.

Figura 6.

Comparación de los resultados de la concentración (mg/L) del hierro de las muestras de la Lubri-lavadora Lubrimotor's

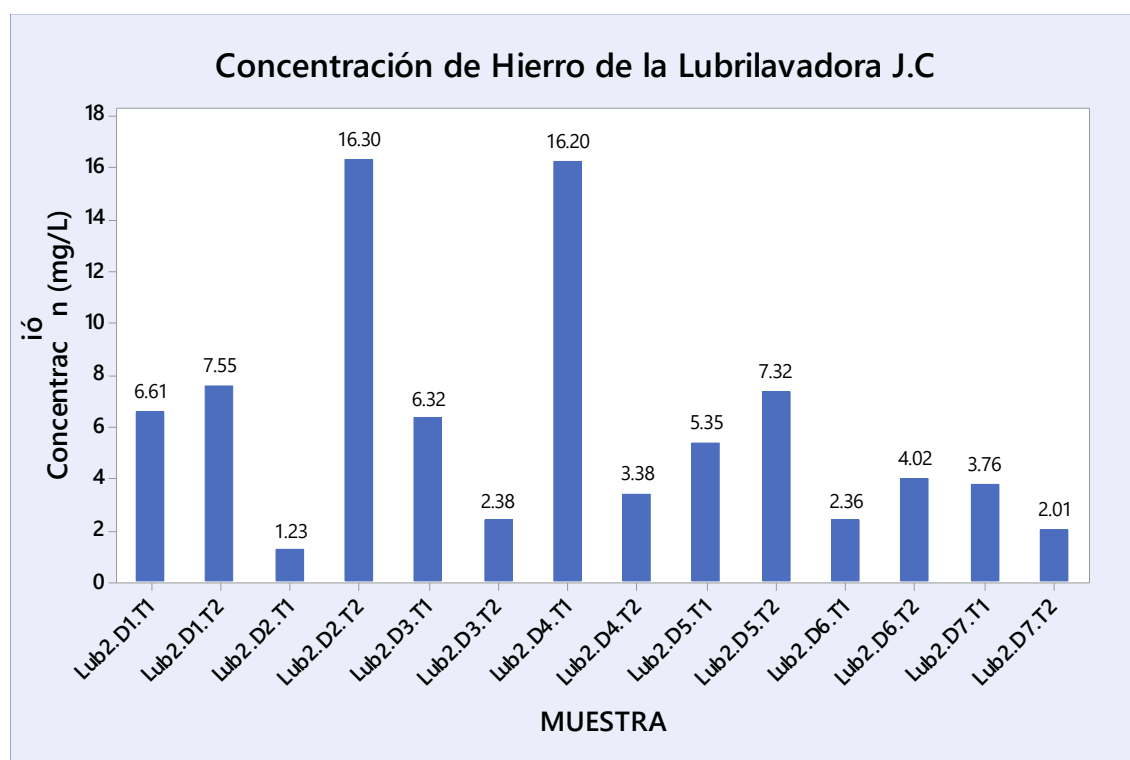


Nota: Se grafica las concentraciones desde la muestra del día 1 hasta el día 7 de la lubri-lavadora Lubrimotor's

Con respecto al análisis de concentración del hierro en las muestras de agua obtenidas de la Lubri-lavadora Lavadora Express J.C el 14.29% del total de muestras presentó valores que sobrepasen el límite máximo permisible establecido en la "Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua" (Presidencia de la Republica del Ecuador, 2017). En la Figura 7 se muestra que la concentración máxima registrada pertenece a la muestra Lub2.D2.T2 con un valor de 16.30 mg/L y la concentración mínima pertenece a la muestra Lub2.D2.T1 con un valor de 1.23 mg/L.

Figura 7.

Comparación de los resultados de la concentración (mg/L) del hierro de las muestras de la Lubri-lavadora Lavadora Express J.C



Nota: Se grafica las concentraciones desde la muestra del día 1 hasta el día 7 de la lubri-lavadora Lubrimotor's

El análisis de varianza aplicado a los valores de concentración del hierro para todas las muestras de agua, indicó que los valores de concentración de cada muestra obtenida son diferentes entre sí, esto como resultado de un valor F calculado de 8.80 y un Valor p de 0.006 menor que $\alpha=0.05$ (nivel de confianza del 95%). Los datos detallados se encuentran en la Tabla 7.

Tabla 7

Análisis de Varianza de la concentración del hierro

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Lubri-lavadora	1	9796	9796	8.80	0.006
Error	26	28953	1114		
Total	27	38750			

La prueba *t* de student aplicada a todos los valores de concentración del hierro arrojó un Valor *p* de 1.000 mayor al valor $\alpha=0.05$ (nivel de confianza del 95%), por lo que se concluye que no existe diferencia significativa entre las medias de concentración de las dos Lubri-lavadoras tomadas como fuente de obtención de muestras, los datos se encuentran en la Tabla 8.

Tabla 8.

Prueba t de student para los valores de concentración del hierro

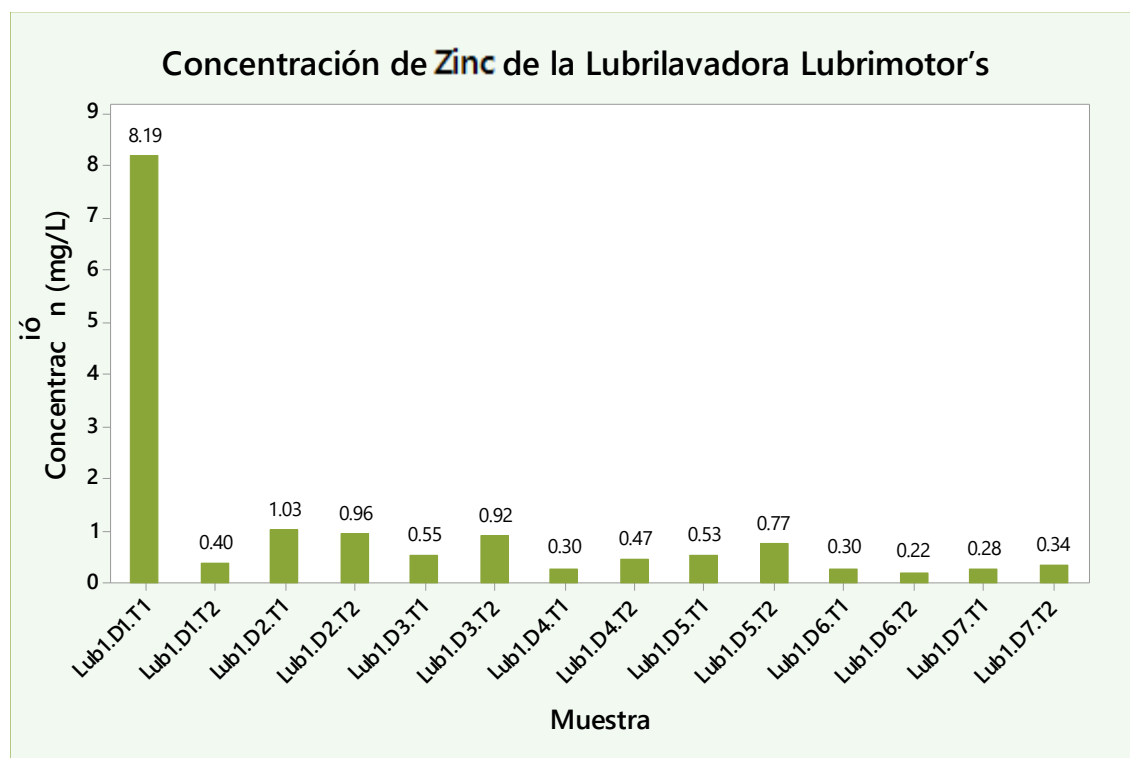
Hipótesis nula	$H_0: \mu = 24.76$
Hipótesis alterna	$H_1: \mu \neq 24.76$
Valor T	Valor <i>p</i>
0.00	1.000

4.3. Zinc

En la Figura 8 se observa que mediante el análisis de concentración del zinc de la Lubri-lavadora Lubrimotor's el 7.14% del total de muestras sobrepasa los límites máximos establecidos en la "Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua" (Presidencia de la Republica del Ecuador, 2017), el valor de concentración más alto que se registró fue de 8.19 mg/L perteneciente a la muestra Lub1.D1.T1, siendo la única muestra que sobrepasa el límite máximo permisible; y el valor de concentración más bajo de 0.22 mg/L perteneciente a la muestra Lub1.D6.T2.

Figura 8.

Comparación de los resultados de la concentración (mg/L) de zinc de las muestras de la Lubri-lavadora Lubrimotor's

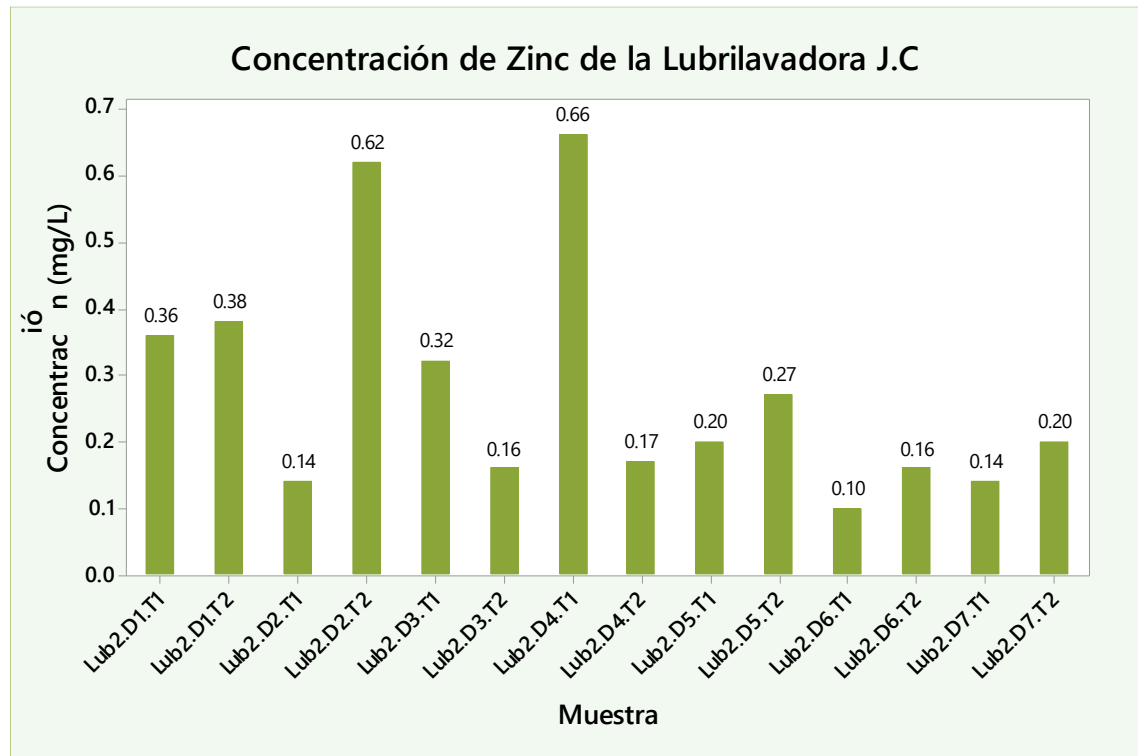


Nota: Se grafica las concentraciones desde la muestra del día 1 hasta el día 7 de la lubri-lavadora Lubrimotor's

Respecto al análisis de concentración del zinc en las muestras de agua recolectadas de la Lubri-lavadora Lavadora Express J.C ninguna presentó valores que sobrepasen el límite máximo permisible establecido en la "Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua" (Presidencia de la Republica del Ecuador, 2017). El valor de concentración más alto y bajo registrados fueron de 0.10 mg/L y 0.66 mg/L, pertenecientes a las muestras Lub2.D6.T1 y Lub2.D4.T1, respectivamente, como lo muestra la Figura 9.

Figura 9.

Comparación de los resultados de la concentración (mg/L) de zinc de las muestras de la Lubri-lavadora Lavadora Express J.C



Nota: Se grafica las concentraciones desde la muestra del día 1 hasta el día 7 de la lubri-lavadora J.C

En lo que concierne al análisis de varianza aplicado a las muestras de agua obtenidas, se concluyó que no existe diferencia significativa entre los índices de concentración del zinc de cada muestra obtenida, como resultado de un valor F calculado de 2.16 y un Valor p de 0.154 mayor al valor $\alpha=0.05$ (nivel de confianza del 95%), como se puede observar en la Tabla 9.

Tabla 9*Análisis de Varianza de la concentración del zinc*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Lubri-lavadora	1	4.625	4.625	2.16	0.154
Error	26	55.654	2.141		
Total	27	60.280			

En la prueba *t* de student que se aplicó a todos los datos de concentración del zinc se concluyó que con un Valor p de 0.990 mayor al valor $\alpha=0.05$ (nivel de confianza del 95%) no existe diferencia significativa entre las medias de concentración de las dos Lubri-lavadoras tomadas como fuente de obtención de muestras. Los datos se encuentran en la Tabla 10.

Tabla 10*Prueba t de student para los valores de concentración del zinc*

Hipótesis nula	$H_0: \mu = 0.68$
Hipótesis alterna	$H_1: \mu \neq 0.68$
Valor T	Valor p
0.01	0.990

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones.

- Del análisis de concentración de hierro y zinc se concluyó que los valores de concentración son diferentes en cada Lubri-lavadora muestreada.
- El tratamiento químico basado en la norma APHA 3030 B y 3111 B aplicado a las muestras de agua recolectadas permitió obtener valores de concentración de hierro y zinc, por medio de la aplicación de espectroscopia de absorción atómica a la llama.
- Las dos Lubri-lavadoras, Lubrimotor's y Lavadora Express J.C, tomadas en cuenta para el proyecto de investigación, sobrepasan los límites máximos permisibles del hierro establecidos en la "Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua" (Presidencia de la República del Ecuador, 2017), solamente la Lubri-lavadora Lubrimotor's sobrepasa los límites máximos de concentración del zinc.
- El análisis de varianza aplicado a los datos de concentración de los metales estudiados permitió concluir que existe diferencia significativa entre las muestras obtenidas para la concentración del hierro, mientras que para las concentraciones del zinc no existe una diferencia significativa entre las muestras obtenidas.
- La prueba *t* de student concluyó que con un nivel de confianza del 95% ($\alpha=0.05$) no existe diferencia significativa entre los valores de la media de concentración del hierro y zinc en las muestras de agua obtenidas de las dos Lubri-lavadoras.
- Ninguna de las Lubri-lavadoras consideradas para el proyecto de investigación cumplen con el numeral 4.2.2.6. de la "Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua" (Presidencia de la Republica del Ecuador, 2017), donde textualmente "Se prohíbe la descarga hacia el sistema de alcantarillado de residuos líquidos no tratados, que contengan restos de aceite lubricante, grasas, etc. Provenientes de los talleres mecánicos, vulcanizadoras, restaurantes y hoteles". Ya que se comprobó que el agua utilizada en los diferentes procesos de cada una de las Lubri-lavadoras son desechadas a las corrientes del río Illuchi (que se une al río Cutuchi) y el río Cutuchi.

5.2. Recomendaciones.

- Se recomienda realizar un estudio más amplio sobre la presencia de metales pesados en las Lubri-lavadoras de la ciudad de Latacunga.
- Un estudio de suelo, agua y vegetación a la altura de los desfogues de las Lubri-lavadoras podrá ayudar con una conclusión más amplia respecto a la contaminación ambiental generada por la actividad de estos establecimientos.
- Un análisis de muestras de agua periódicamente podrá ayudar con el control de la contaminación ambiental.
- Se recomienda realizar un análisis de concentración de mercurio en las aguas provenientes de las Lubri-lavadoras, debido a la actividad que realizan y por el hecho de que no poseen un tratamiento previo antes de ser vertidas en un cuerpo de agua dulce.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- APHA, A. P. (1999). Direct Air- Acetylene Flame Method. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 340-345.
- Arancibia, J. (2011). Sobrecarga de hierro y enfermedad hepática. Aspectos clínicos y terapéuticos. *Gastroenterol, latinoam*, 152-155.
- Blasco, M. (1970). *Microbiología de suelos*. Turrialba: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA.
- Burgos, I. V. (2019). *Determinación de la remoción de aluminio por la especie *eleocharis elegans* (junquillo) y su absorción en un humedal artificial mediante análisis de espectrofotometría de absorción atómica*. Puyo: Universidad Estatal Amazónica.
- Chen, Y. e. (2013). Accumulation and health risk of heavy metals in vegetables from harmless and organic vegetable production systems of China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*.
- Combariza, B. (2009). *Contaminación por metales pesados en el embalse del Muña y su relación con los niveles en sangre de Plomo, Mercurio y Cadmio y alteración de salud en los habitantes del municipio de Sibaté*. Sibaté: Universidad Nacional de Colombia.
- EFSA. (2015). *European Food Safety Authority*. Recuperado el 21 de Enero de 2020, de <http://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/metals>Franco
- El Telégrafo. (s.f.). *Los ríos de Latacunga muestran altos niveles de contaminación*. Recuperado el 13 de Enero de 2020, de el telegrafo: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/ecuador/1/rios-latacunga-contaminacion>
- EPA. (1992). Acid digestion of waters for total recoverable or dissolved metals for analysis by FLAA or ICP spectroscopy. 1-5.
- Fong, W. Q. (2017). *Caracterización físico-química de aceites usados de motores para su reciclaje* (Vol. 15).
- Forstner, U. (1993). Metal speciation General concepts and applications. *Int. J. Environ. Anal. Chem.*, 5.23.
- Gutierrez, C. (08 de 07 de 2015). *El cambio climático: la gran amenaza ambiental del siglo XXI*. Recuperado el 14 de 12 de 2019, de adelantosdigital.com: <https://www.adelantosdigital.com/web/el-cambio-climatico-la-gran-amenaza-ambiental-del-siglo-xxi/>
- Hidalgo, C. O. (2013). *Evaluación y determinación de la capacidad secuestrante de los metales pesados Cromo (Cr) y Cadmio (Cd) por taxas de mohos aisladas de los alrededores de los ríos Cutuchi y Machángara*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana.
- IDEAM. (2017). Instructivo para el lavado de material de vidrio y plástico. *Subdirección de Hidrología*, 1-11.

- Londoño, D. (2013). *Validación del método de determinación de calcio y magnesio por espectroscopia de absorción atómica de llama para el laboratorio de análisis de aguas y alimentos de la universidad tecnológica de pereira*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.
- Martínez, Fonseca, Ortega, García. (2009). Monitoreo de la calidad microbiológica del agua en la cuenca hidrológica del Río Nazas, México. *Química Viva*, 1-14.
- Menéndez, A., Weisstaub, A., Monterlo, H., Alloati, S., Guidoni, M., Rusi, F., & Portela, M. (2008). Relación entre las cantidades de cobre y zinc administradas a pacientes graves con nutrición parenteral total y los niveles de cobre y zinc en plasma y eritrocitos. *Nutrición Hospitalaria*, 373-382.
- Moreno, A. (2015). Actividades antropogénicas, cambio climático, degradación del suelo, desertificación y enfoque de la agricultura sustentable. *Un Reto Permanente*, 53-72.
- Nebel, B., & Wright, R. (1999). *Ciencias Ambientales: ecología y desarrollo sostenible*. Pearson Educación.
- ONU-DAES. (2015). *Objetivos de Desarrollo del Milenio*. Recuperado el 1 de Enero de 2020, de www.undp.org:
https://www.undp.org/content/undp/es/home/sdgoverview/mdg_goals.html
- Palacios, C. (2013). Distribución de coliformes fecales en el Area marina de la costa Ecuatoriana en las provincias de Esmeraldas y manabí. *Acta oceanográfica del pacífico*, 18, 59-64.
- Presidencia de la República del Ecuador. (2017). *Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso Agua*. Quito.
- Presidencia de la Republica del Ecuador. (2017). *Texto unificado de Legislacion Secundaria de Medio Ambiente. Libro VI Anexo 1. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso agua*.
- Rodríguez, J. (2012). *Estudio de la contaminación por metales pesados en la cuenca baja del Río Guadiana*. Huelva: Universitat de Huelva.
- Rubio, C., Gonzalez, D., Martín, R., Revert, C., Rodriguez, I., & A., H. (2007). El zinc: oligoelemento esencial. *Nutrición Hospitalaria*, 101-107.
- Samboni, N. C. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Ingeniería e Investigación*, 172-181.
- Sanchez, F., Gonzalez, M., Macho, A., Benedi, J., Garcimartín, A., López, E., . . . Bastida, J. (2019). Cuando el silicio transmuta en oro. *Journal of negative & no positive results*, 5, 202-211.
- Singh, A. (2010). Risk assessment of heavy meta toxicity through contaminated vegetables from wate water irrigated area of Varanasi, India. *Tropical Ecology*, 375.
- Skoog, D., West, D., Holler, J., & Crouch, S. (2015). *Fundamentos de Química Analítica*. México: Cengage Learning Editores.
- Subsecretaria de Riego y Drenaje. (2019). *Plan Nacional de Riego y Drenaje 2019-2027*. Subsecretaria de Riego y Drenaje, Quito.

Zuñiga, H. (2011). *Las aguas residuales y su influencia en la contaminación ambiental de la población de Cunuyacu, de la parroquia San Jose de Poalo del canto Pillaro, PROVINCIA DE TUNGURAHUA*. Ambato: Universidad Tecnica de Ambato.

ANEXOS