



UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES Y AMBIENTALES

TESIS DE GRADO
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL

TEMA:
EVALUACIÓN DE LA *Lemna minor* COMO CAPTADORA DE MERCURIO EN
UN EFLUENTE SINTÉTICO CON CARACTERÍSTICAS RESIDUALES DE LA
ACTIVIDAD INDUSTRIAL PESQUERA DEL CANTÓN MANTA

AUTORES:
ALCIVAR VELEZ MERY ALEXANDRA
OCHOA GUTIERREZ ARIEL ALEXANDER

TUTOR:
ING. PAULINA ESPINOZA ZAMBRANO MG. SC.

MANTA-MANABI-ECUADOR

2018

UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

TESIS DE GRADO

**“EVALUACIÓN DE LA *Lemna minor* COMO CAPTADORA DE MERCURIO
EN UN EFLUENTE SINTÉTICO CON CARACTERÍSTICAS RESIDUALES DE
LA ACTIVIDAD INDUSTRIAL PESQUERA DEL CANTÓN MANTA”.**

**Tesis presentada al Honorable Consejo Directivo de la Facultad Ciencias
Agropecuarias como requisito para obtener el título de:**

INGENIERO EN RECURSOS NATURALES Y AMBIENTALES

Ing. Yessenia García Montes Mg. Sc.	Ing. Paulina Espinoza Zambrano Mg. Sc.
DECANA DE LA FACULTAD	TUTOR DE TESIS

MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Blgo. Ricardo Castillo Ruperti Mg. Sc.

Blgo. Abraham Velásquez Ferrín Mg. Sc.

Ing. Dídimo Mendoza Intriago Mg. Sc.

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ing. Paulina Espinoza Zambrano certifica haber tutelado la tesis “EVALUACIÓN DE LA *Lemna minor* COMO CAPTADORA DE MERCURIO EN UN EFLUENTE SINTÉTICO CON CARACTERÍSTICAS RESIDUALES DE LA ACTIVIDAD INDUSTRIAL PESQUERA DEL CANTÓN MANTA”, que ha sido desarrollada por Mery Alexandra Alcívar Vélez y Ariel Alexander Ochoa Gutiérrez, egresados de la carrera Ingeniería en Recursos Naturales y Ambientales, previo a la obtención del título de Ingeniero en Recursos Naturales y Ambientales, de acuerdo al REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE LA TESIS DE GRADO DEL TERCER NIVEL, de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

Ing. Paulina Espinoza Zambrano Mg. Sc

C.I 1309143152

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

La responsabilidad de todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad al tutor y el patrimonio intelectual de los autores, estudiantes de la carrera de Ingeniería en Recursos Naturales y Ambientales de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

Mery Alexandra Alcívar Vélez

CI: 131555364-2

Ariel Alexander Ochoa Gutiérrez

CI: 131453550-9

AGRADECIMIENTO

A nuestros padres, quienes a lo largo de la vida nos han apoyado y motivado en la formación académica, creyeron en nosotros en todo momento y no dudaron de nuestras habilidades. Supieron inculcarnos que la satisfacción solo puede ser el resultado de un trabajo duro, dedicado y que conlleva sacrificios.

A nuestras familias por siempre brindarnos su desinteresado y completo apoyo en todos los momentos.

A los docentes de la Facultad Ciencias Agropecuarias carrera Ingeniería en Recursos Naturales y Ambiente a quienes les debemos gran parte de los conocimientos adquiridos, gracias por su paciencia y enseñanzas.

A la Directora de Tesis Ing. Paulina Espinoza Zambrano, por compartir parte de sus conocimientos con nosotros, por ser una amiga, una aliada, por siempre estar con una sonrisa presta para alentarnos, gracias por guiarnos y ayudarnos a culminar con éxito nuestro trabajo de tesis, fue un placer trabajar con usted.

Y a todos quienes directa o indirectamente colaboraron en la culminación de esta etapa.

Ariel y Mery

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi madre, quien me enseñó que incluso la tarea más grande se puede lograr si se hace un paso a la vez, por ser el pilar más importante, por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones.

A mi padre, quien me enseñó que el mejor conocimiento que se puede tener es el que se aprende por sí mismo. A pesar de nuestras diferencias, siempre estuvo conmigo y sé que este momento es tan especial para él como lo es para mí.

A mi Sra. hermosa María Isabel Caicedo Gómez, a quien quiero como a una madre, por compartir momentos significativos conmigo, por siempre estar dispuesta a escucharme y ayudarme en cualquier momento.

A mi hijo, Liam Alexander León Alcívar, por ser mi fuerza, mi aire, mis ganas de lograrlo todo, porque te amo infinitamente.

A toda mi familia y amigos, por su apoyo, por cada risa, por estar en mi vida y desempeñar papeles fundamentales, porque sin ustedes no hubiera logrado esta meta.

Mery Alexandra Alcívar Vélez

DEDICATORIA

A los dos seres que me brindaron su apoyo incondicional desde el inicio de todo, por sus enseñanzas en casa de lo que no se aprende en los institutos educativos, pero que forman parte fundamental para lograr las metas académicas, por su esfuerzo desinteresado para que no desmaye en la senda por alcanzar la culminación de cada ciclo, por sus consejos y remiendas oportunas para que no me desconcentrara del camino. Para ellos, Gonzalo y Martina.

Ariel Alexander Ochoa Gutiérrez

ÍNDICE

ÍNDICE	8
ÍNDICE DE TABLAS	11
ÍNDICE DE FIGURAS	11
ÍNDICE DE GRAFICOS	11
ÍNDICE DE ANEXOS	12
RESUMEN	14
SUMMARY	15
INTRODUCCIÓN	16
I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	17
1.1 CONTEXTO MACRO	17
1.2 CONTEXTO MESO.....	18
1.3 CONTEXTO MICRO	19
1.4 ANALISIS CRÍTICO	20
1.5 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	21
1.5.1 DELIMITACIÓN ESPACIAL.....	21
1.5.2 DELIMITACIÓN TEMPORAL.....	21
1.6 OBJETIVOS	21
1.6.1 GENERAL	21
1.6.2 ESPECÍFICOS.....	21
1.7 JUSTIFICACIÓN	22
II MARCO TEORICO	24
2.1 EL AGUA.....	24
2.1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL.....	24
2.1.2 CONTAMINACIÓN DEL AGUA	24
2.1.3 ORIGEN DE LA CONTAMINACIÓN.....	25
2.1.4 TIPOS DE CONTAMINACIÓN DEL AGUA	26
2.1.4.1 CONTAMINACIÓN FÍSICA	26
2.1.4.2 CONTAMINACIÓN QUÍMICA.....	26
2.1.4.3 CONTAMINACIÓN BIOLÓGICA	27
2.1.5 EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN	27
2.2 METALES PESADO.....	27
2.2.1 CONTAMINACIÓN POR MERCURIO	28

2.2.2	EFFECTOS TÓXICOS DEL MERCURIO EN PLANTAS ACUÁTICAS	30
2.3	CLORUROS	31
2.4	NITRATOS	32
2.4.1	NITRIFICACIÓN Y DESNITRIFICACIÓN	33
2.5	SULFATOS	34
2.6	AGUAS RESIDUALES	35
2.6.1	AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES	36
2.7	TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	37
2.7.1	PRE- TRATAMIENTO	37
2.7.2	TRATAMIENTO PRIMARIO	38
2.7.3	TRATAMIENTO SECUNDARIO	38
2.7.4	TRATAMIENTO Terciario.....	39
2.8	FITORREMEDIACIÓN	40
2.9	MACRÓFITAS ACUÁTICAS	42
2.9.1	LEMNA MINOR (LENTEJA DE AGUA)	43
2.9.1.1	TAXONOMÍA.....	43
2.9.1.2	DESCRIPCIÓN	44
2.9.1.3	HÁBITAT	44
2.9.1.4	DISTRIBUCIÓN.....	45
2.9.1.5	COMPOSICIÓN QUÍMICA	45
2.9.1.6	CONDICIONES ÓPTIMAS DE CRECIMIENTO	45
2.10	MARCO LEGAL	47
2.10.1	CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR	47
2.10.2	POLÍTICAS BÁSICAS AMBIENTALES DEL ECUADOR.....	48
2.10.3	LEY DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL	49
2.10.4	REGLAMENTO DE APLICACIÓN A LA LEY DE AGUAS	50
2.10.5	TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN AMBIENTAL SECUNDARIA DEL MINISTERIO DE AMBIENTE	50
III	METODOLOGÍA	52
3.1	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	52
3.1.1	UBICACIÓN.....	52
3.1.2	IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	52
3.2	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	55
3.2.1	TIPO DE DISEÑO EXPERIMENTAL	55

3.2.2	FACTOR EN ESTUDIO	55
3.2.3	TRATAMIENTOS.....	55
3.2.4	ESQUEMA DEL ANÁLISIS DE VARIANZA (ADEVA)	56
3.3	DATOS A EVALUAR.....	56
3.3.1	TEMPERATURA.....	56
3.3.2	pH.....	56
3.3.3	MERCURIO	57
3.3.4	CLORUROS	57
3.3.5	NITRATOS	57
3.3.6	SULFATOS.....	57
3.4	MANEJO DEL EXPERIMENTO	58
3.4.1	LUZ.....	58
3.4.2	AGUA RESIDUAL SINTÉTICA.....	58
3.4.3	RECOLECCIÓN DE LAS MUESTRAS DE ESTUDIO.....	59
3.4.4	SISTEMA DISEÑADO PARA LA FASE EXPERIMENTAL	60
3.5	HIPÓTESIS PLANTEADA.....	61
IV	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	62
4.1	RESULTADOS DE PARÁMETROS FÍSICO	62
4.1.1	TEMPERATURA.....	62
4.1.2	pH.....	63
4.2	RESULTADOS DE PARÁMETROS QUÍMICOS.....	63
4.2.1	MERCURIO	64
4.2.1.1	EFICIENCIA SEGÚN EL TIEMPO DE RETENCIÓN.....	66
4.2.2	SALES.....	67
4.2.2.1	CLORUROS.....	68
4.2.2.2	NITRATOS	70
4.2.2.3	SULFATOS	72
4.3	COMPARACIÓN CON LA NORMATIVA LEGAL (TULSMA)	74
V	CONCLUSIONES	75
VI	RECOMENDACIONES.....	76
VII	BIBLIOGRAFÍA.....	77
VIII	ANEXOS.....	87

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: TIPOS DE FITORREMEDIACIÓN	41
TABLA 2: TAXONOMÍA DE LA LEMNA MINOR	43
TABLA 3: PORCENTAJES DE DISTRIBUCIÓN DE LA LUZ EN DISTINTAS FUENTES.....	46
TABLA 4: UBICACIÓN DE LOS LUGARES DE EJECUCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	52
TABLA 5: TRATAMIENTOS EN ESTUDIO	55
TABLA 6: ANÁLISIS DE VARIANZA	56
TABLA 7: PARÁMETROS INICIALES DEL AGUA RESIDUAL SINTÉTICA	59
TABLA 8: PARÁMETROS Y MÉTODOS ANALÍTICOS	64
TABLA 9: RESULTADOS DE MERCURIO	64
TABLA 10: PRUEBA DE FISHER	66
TABLA 11: PRUEBA DE FISHER PARA CLORUROS	69
TABLA 12: PRUEBA DE FISHER PARA NITRATOS	71
TABLA 13: PRUEBA DE FISHER PARA SULFATOS.....	73
TABLA 14: COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON NORMATIVA LEGAL .	74

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: ÁREA DE ESTUDIO 1 (L1) (RECOLECCIÓN DE MUESTRAS) ...	53
FIGURA 2: ÁREA DE ESTUDIO 2 (L2) (BASE DE LABORATORIO)	54
FIGURA 3: ÁREA DE ESTUDIO 3 (L3) (ENSAYO DEFINITIVO).....	54

ÍNDICE DE GRAFICOS

GRÁFICO 1: RECIPIENTES PARA LA FASE EXPERIMENTAL	60
GRÁFICO 2: TEMPERATURA MEDIA DEL AGUA DURANTE LA INVESTIGACIÓN	62
GRÁFICO 3: PH MEDIO DEL AGUA DURANTE LA INVESTIGACIÓN.....	63
GRÁFICO 4: REDUCCIÓN DE MERCURIO	65
GRÁFICO 5: ONDA SENOIDAL DE REDUCCIÓN DE MERCURIO.....	67
GRÁFICO 6: REDUCCIÓN DE CLORUROS	68

GRÁFICO 7: REDUCCIÓN DE NITRATOS	70
GRÁFICO 8: REDUCCIÓN DE SULFATOS.....	72

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: RECOLECCIÓN DE LA LENTEJA DE AGUA	87
ANEXO 2: RECOLECCIÓN DE LA LENTEJA DE AGUA	87
ANEXO 3: ENSAYOS DE LABORATORIO.....	88
ANEXO 4: ENSAYOS DE LABORATORIO.....	88
ANEXO 5: ENSAYOS DE LABORATORIO.....	89
ANEXO 6: FASE DE ACLIMATACIÓN.....	89
ANEXO 7: FASE DE ACLIMATACIÓN.....	89
ANEXO 8: REPETICIÓN 1, DÍA 1 AL 12.....	90
ANEXO 9: REPETICIÓN 2, DÍA 1 AL 12.....	91
ANEXO 10: REPETICIÓN 3, DÍA 1 AL 12.....	92
ANEXO 11: MUESTREO PARA ANÁLISIS DE LABORATORIO	93
ANEXO 12: MUESTREO PARA ANÁLISIS DE LABORATORIO	93
ANEXO 13: MUESTREO PARA ANÁLISIS DE LABORATORIO	94
ANEXO 14: MUESTREO PARA ANÁLISIS DE LABORATORIO	94
ANEXO 15: TULSMA LIBRO VI ANEXO I TABLA 11	95
ANEXO 16: TULSMA LIBRO VI ANEXO I TABLA 12	98
ANEXO 17: TULSMA LIBRO VI ANEXO I TABLA 14	101
ANEXO 18: ANÁLISIS REPETICIÓN 1 DÍA 3.....	104
ANEXO 19: ANÁLISIS REPETICIÓN 1 DÍA 6.....	105
ANEXO 20: ANÁLISIS REPETICIÓN 1 DÍA 9.....	106
ANEXO 21: ANÁLISIS REPETICIÓN 1 DÍA 12.....	107
ANEXO 22: ANÁLISIS REPETICIÓN 2 DÍA 3.....	108
ANEXO 23: ANÁLISIS REPETICIÓN 2 DÍA 6.....	109
ANEXO 24: ANÁLISIS REPETICIÓN 2 DÍA 9.....	110
ANEXO 25: ANÁLISIS REPETICIÓN 2 DÍA 12.....	111
ANEXO 26: ANÁLISIS REPETICIÓN 3 DÍA 3.....	112
ANEXO 27: ANÁLISIS REPETICIÓN 3 DÍA 6.....	113
ANEXO 28: ANÁLISIS REPETICIÓN 3 DÍA 9.....	114
ANEXO 29: ANÁLISIS REPETICIÓN 3 DÍA 12.....	115

ANEXO 30: ANÁLISIS CONTROL DÍA 6	116
ANEXO 31: ANÁLISIS CONTROL DÍA 12	117

RESUMEN

El presente estudio se enfocó en determinar la eficacia y eficiencia de la *Lemna minor* para captar el mercurio presente en aguas residuales provenientes de industrias pesqueras del cantón Manta. En la investigación se utilizó un efluente sintético. Los resultados obtenidos van en rangos de capacidad de remoción mínima del 35,9% (día seis), y remoción máxima del 56,4% (día doce) siendo este último día el más eficaz. Además, se constató que la especie *Lemna minor* sea aplicable a sistemas de tratamientos para poder reducir los valores de mercurio a los límites permisibles de la normativa legal nacional. Los resultados obtenidos demuestran que los promedios de los diferentes días de retención (0,007; 0,008; 0,006; 0,005) están dentro del límite permisible para descargas a alcantarillado público y a cuerpos de agua marina (0,01). Caso particular es el del límite permisible para cuerpos de agua dulce (0,005), ya que en promedio solo periodo de retención de 12 días llega a lo dispuesto por el TULSMA. También se consideró las sales de cloruros, nitratos y sulfatos, para determinar la remoción de estos parámetros, en un proceso complementario. Los resultados en cloruros fueron determinados por la poca capacidad de tolerar altos niveles de esta sal, ocasionando una necrosis foliar y aumentando los niveles de cloruros en el agua debido a los especímenes muertos; caso similar se evidenció en los nitratos, en los cuales también se destaca el incremento de este parámetro en los días de retención intermedios debido al proceso de nitrificación. La absorción de sulfatos fue positiva gracias a que es un nutriente esencial para las macrófitas acuáticas.

SUMMARY

The present study focused on determining the efficacy and efficiency of the *Lemna minor* to capture the mercury present in wastewater from fisheries in the Manta canton. In the research, a synthetic effluent was used. The results obtained range from minimum removal capacity of 35.9% (day six), and maximum removal of 56.4% (day twelve), this last day being the most effective. In addition, it was found that the *Lemna minor* species is applicable to treatment systems in order to reduce the mercury values to the permissible limits of the national legal regulations. The results obtained show that the averages of the different days of retention (0.007, 0.008, 0.006, 0.005) are within the permissible limit for discharges to public sewers and bodies of seawater (0.01). Particular case is that of the permissible limit for bodies of fresh water (0.005), since on average only retention period of 12 days arrives to the provisions of the TULSMA. The salts of chlorides, nitrates and sulfates were also considered, to determine the removal of these parameters, in a complementary process. The results in chlorides were determined by the poor capacity to tolerate high levels of this salt, causing leaf necrosis and increasing chloride levels in the water due to dead specimens; A similar case was evidenced in nitrates, which also highlights the increase of this parameter in the days of intermediate retention due to the nitrification process. Sulfate absorption was positive because it is an essential nutrient for aquatic macrophytes..

INTRODUCCIÓN

Las macrófitas acuáticas se han catalogado como plagas debido a que presentan un crecimiento y multiplicación rápido, ocasionando problemas por sobrepoblación principalmente en cuerpos de agua dulce (Arenas *et al.*, 2011). Sin embargo, estas especies han demostrado ser muy útiles al momento de acumular elementos pesados y tóxicos por diferentes mecanismos (Kara y Kara, 2007), es por esto que, si estas plantas se manejan adecuadamente, su poder de proliferación, su capacidad de absorción de nutrientes y bioacumulación de otros compuestos del agua, las convierten en una herramienta útil en el tratamiento de aguas residuales (Arenas *et al.*, 2011).

Estas plantas acuáticas flotantes han demostrado ser eficientes en la remediación de aguas con contenidos de nutrientes, materia orgánica y sustancias tóxicas como arsénico, zinc, cadmio, cobre, plomo, cromo, y mercurio (Martero y Lara, 2012); la lenteja de agua *Lemna minor*, perteneciente a este grupo de plantas, ha sido objeto de varios estudios y ensayos para determinar su capacidad biorremediadora (Posada y Arroyave, 2006; Arenas *et al.*, 2011; Jaramillo y López, 2012).

El potencial fitorremediador de *Lemna minor* se puede emplear en aguas residuales para disminuir altas concentraciones de sólidos suspendidos totales, grasas y aceites y coliformes, como también ha demostrado su efectividad en parámetros como Demanda Biológica de Oxígeno y Demanda Química de Oxígeno (Gualán, 2016). Enfocándose al presente estudio, la lenteja de agua ha sido puesta a prueba en la remoción de mercurio presente en aguas residuales, obteniendo resultados positivos (Arenas *et al.*, 2011; Jaramillo y López, 2012).

I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 CONTEXTO MACRO

La contaminación por metales pesados representa uno de los principales problemas en la actualidad, ya que presentan efectos negativos en el agua, suelo, sedimentos, aire, vegetación, animales y salud humana. Los metales pesados, generalmente no se eliminan de los ecosistemas acuáticos por procesos naturales, debido a que no son biodegradables (Murray, 1996).

Las especies acuáticas son propensas a acumular metales pesados a concentraciones superiores a las del medio natural, a lo largo de la cadena alimenticia, desde los primeros consumidores se van acumulando metales pesados que son ingeridos finalmente por el ser humano (Mosquera, 2014).

La contaminación ambiental se posiciona como uno de los más importantes problemas que afectan a la sociedad del siglo XXI. La pérdida de calidad del aire, del recurso hídrico y de suelos disponibles para actividades agrícolas se ha incrementado exponencialmente (Singh et. al, 2010; Chen et. al, 2013). La tasa de contaminación del agua puede ser estimada en 2000 millones de metros cúbicos diarios (Reyes et al., 2016).

Cabe destacar que el año 2015 fue crítico para la agenda en materia de agua y saneamiento. Específicamente, la contaminación del agua por metales pesados ocasionada por vía antrópica y natural, está afectando drásticamente la seguridad alimentaria y salud pública (European Food Safety Authority, 2015; Huang et. al, 2014).

Estudios recientes reportan la presencia de metales pesados y metaloides tales como mercurio (Hg), arsénico (As), plomo (Pb), cadmio (Cd), zinc (Zn), níquel (Ni) y cromo (Cr) en hortalizas tales como la lechuga, repollo, calabaza, brócoli y papa (Singh et. al, 2010; Chen et. al, 2013). Esta contaminación, proviene,

entre otros causales, del uso para riego de aguas afectadas (Singh et. al, 2010; Fransisca et. al, 2015; Li et. al, 2015). De igual manera, se han encontrado metales en diferentes concentraciones en peces, carnes y leche resultado de la bioacumulación y movilidad desde el ambiente a las fuentes hídricas (Singh et al, 2010; Li et al, 2015).

Por su elevada toxicidad, el impacto causado en salud por exposición prolongada o por bioacumulación de metales pesados resulta alarmante. Dependiendo del tipo de metal o metaloide, se producen afecciones que van desde daños en órganos vitales hasta desarrollos cancerígenos (Combariza, 2009; Nava y Méndez, 2011). A nivel global, se han reportado casos que dan cuenta de las afecciones en la salud por causa del consumo de alimentos contaminados por metales pesados. (Valdés, 1999; Sánchez et. al., 2010).

1.2 CONTEXTO MESO

Mancera y Álvarez (2006), exponen que el mercurio se concentra en sedimentos en la base de los cuerpos de agua, donde los microorganismos como bacterias que viven allí pueden convertirlo a la forma orgánica del metilmercurio, que es sacado por los gusanos y otros animales pequeños que habitan en los sedimentos. El mercurio es uno de los cationes que al transformarse en metilmercurio puede ser acumulado por los organismos de la fauna marina y al ser consumidos por el ser humano podrían provocar efectos fisiológicos negativos (Rivera, 2001).

Ecuador se ubicó para el año 2013 como el cuarto país latinoamericano que emite más mercurio a nivel mundial (EFE, 2013). En este estudio, se determinó que Ecuador dispersaba 50 toneladas de este metal al año, solo por la actividad minera artesanal. Del total de las emisiones, un 65% de éstas tienen como destino la hidrósfera (Ecoluxen, 2013), representando una contaminación de todo el ciclo hídrico y los diferentes factores bióticos y abióticos que forman parte de éste.

En estudios realizados en el Golfo de Guayaquil se encontró concentraciones de mercurio similares a los reportados en la costa del Pacífico Ecuatoriana obtenidos durante el crucero de investigación realizado por el B/I Tohalli del Instituto Nacional de Pesca donde se monitorearon zonas en toda la Costa y detectaron niveles de concentración de Mercurio en sedimento entre 250ug/Kg y 2400ug/Kg (Chalén, 1986).

1.3 CONTEXTO MICRO

Ecuador es un país atunero por tradición. Aproximadamente hace 50 años pescadores ecuatorianos iniciaron esta actividad, que hoy en día y con el paso de los años se ha ido superando constantemente y con enormes esfuerzos se ha convertido en una de las más importantes industrias con que cuenta el país (Rivera, 2001). La industria atunera adquiere un mayor protagonismo en esta actividad económica, ya que, según la Cámara Nacional de Pesquería, para el 2013 la producción total de la industria atunera ecuatoriana fue de aproximadamente 300 mil toneladas anuales.

La estratégica ubicación del cantón Manta en las costas del Océano Pacífico, desencadenó en el asentamiento de varias industrias pesqueras a lo largo de los años (Bello *et al.*, 2016). Para el 2016, del total de empresas atuneras de Ecuador (21), el 62% estaban ubicadas en Manta (Bello *et al.*, 2016). La mayoría de las empresas pesqueras de Manta no cuentan con sistemas propios de tratamiento de aguas residuales y sus efluentes son evacuados al sistema de alcantarillado, o a quebradas, ríos y al mar; generando importantes problemas, particularmente de índole ambiental (Lynch, 2007; citado por Marín *et al.*, 2015).

1.4 ANALISIS CRÍTICO

Los tratamientos de aguas residuales son una parte fundamental de cualquier actividad a mediana o gran escala que genere contaminantes, ya que este procedimiento evita que dichos parámetros sean descargados al ambiente y afecten a los ecosistemas receptores y la cadena trófica. En el caso de las industrias pesqueras, si éstas no cumplen con las medidas requeridas, estarían causando una afección significativa no solo al ambiente, sino también a su actividad, ya que todas las descargas terminan desembocando en el mar, afectando el óptimo desarrollo de los ecosistemas marinos, fuente principal de su materia prima.

Está claro que el mercurio es un contaminante que, al introducirse en una cadena trófica, afecta a todos los seres que forman parte de ella, en menor o mayor escala, y que su eliminación significa un reto incluso para los sistemas de tratamientos más sofisticados. Por lo que es una responsabilidad de toda organización que esté involucrada directa o indirectamente en las actividades que generan estos contaminantes, estar activos en una búsqueda constante de prevención y remediación.

La investigación “Evaluación de la *Lemna minor* como captadora de mercurio en un efluente sintético con características residuales de la actividad industrial pesquera del cantón Manta” se propuso determinar la viabilidad en aplicar ésta macrófita acuática dentro de los sistemas de tratamientos de aguas residuales de industrias pesqueras, siendo una alternativa para reducir y controlar contaminantes como el mercurio, que son difíciles de eliminar en tratamientos convencionales.

1.5 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

1.5.1 DELIMITACIÓN ESPACIAL

La presente propuesta de investigación está dirigida a la carrera de Ingeniería en Recursos Naturales y Ambiente y se llevó a cabo en dos instalaciones: 1) en el laboratorio de aguas de la Facultad Agropecuaria de la Universidad “Laica Eloy Alfaro de Manabí”, y 2) en un salón adecuado con las condiciones necesarias para la ejecución de la fase experimental.

1.5.2 DELIMITACIÓN TEMPORAL

Esta investigación se llevó a cabo entre los meses de mayo y diciembre del 2017; la realización del anteproyecto está involucrado dentro de este periodo.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 GENERAL

- Evaluar la eficacia de la Lenteja de Agua como captadora del mercurio en un efluente sintético con características residuales de la actividad industrial pesquera del Cantón Manta.

1.6.2 ESPECÍFICOS

- Determinar la capacidad de remoción de mercurio de la lenteja de agua en el agua residual a tratar.

- Valorar la eficiencia de la lenteja de agua en el efluente residual industrial con mercurio en relación al tiempo de retención.
- Realizar un análisis comparativo de los resultados obtenidos con las normas ambientales nacionales vigentes.

1.7 JUSTIFICACIÓN

La presencia de contaminantes químicos, físicos y biológicos en los efluentes de las industrias pesqueras, y los problemas tecnológicos y limitaciones económicos que existen para realizar un correcto tratamiento de estas aguas residuales, ha enfocado el interés de investigadores a nivel global para proponer mejoras y alternativas con el fin de lograr un mejor proceso en la eliminación de los contaminantes. El mercurio, aunque en niveles no tan elevados como en otras actividades industriales, se encuentra en los efluentes de las industrias pesqueras, motivo por el cual es importante implementar tratamientos terciarios para reducir al mínimo este parámetro que al ser bioacumulativo, representa una amenaza ambiental y de salud para las especies marinas y el ser humano.

Las macrófitas acuáticas surgen como una opción para ser implementadas en tratamientos terciarios con el objetivo de reducir la cantidad de mercurio. Investigaciones como la Arenas *et al.*, (2011), y la de Jaramillo y Flóres (2012), han demostrado buenos resultados al utilizar la *Lemna minor*, con porcentajes de remoción del mercurio de 30% y 29,5% respectivamente, en las aguas residuales tratadas.

Es importante que, pese a todas las investigaciones que existen sobre el tema tanto a nivel global como en Ecuador, es importante que siempre existan nuevas propuestas, ya que la suma de todas estas investigaciones permitirá que se mejoren los procesos, y que se tenga una alternativa para la realidad de cada industria y su realidad.

Es por eso que la presente investigación trabaja con la lenteja de agua para captar el mercurio de aguas residuales de industrias pesqueras, con el fin de que estas especies puedan ser utilizadas como una alternativa de tratamiento de aguas aplicada a las empresas del sector pesquero de Manta. Del mismo modo, este trabajo podrá ser utilizado como punto de partida y apoyo para futuras investigaciones, las cuales seguirán en la búsqueda de mejorar los procesos de depurar las aguas residuales industriales.

II MARCO TEORICO

2.1 EL AGUA

2.1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

El agua es uno de los recursos naturales más fundamentales para el desarrollo de la vida, y junto con el aire, la tierra y la energía, constituye los cuatro elementos básicos en los que se apoya el desarrollo (Félez, 2009). Cubre aproximadamente el 72% de la superficie terrestre, y la materia viva incluye altos porcentajes de esta sustancia en su composición, debido a que la requieren para realizar sus funciones (Jaramillo y López, 2012).

Entre los usos que el humano le proporciona al agua se puede mencionar para consumo, aseo y limpieza en general. Se ha estimado que los humanos consumen 15 directamente o indirectamente alrededor de un 54% del agua dulce superficial disponible en el mundo. Un 20% utilizado para mantener la fauna y la flora, para el transporte de bienes (barcos) y para la pesca, y el 34% restante, utilizado de la siguiente manera: el 70% en irrigación, un 20% en la industria y un 10% en las ciudades y los hogares (Boy, 2015).

2.1.2 CONTAMINACIÓN DEL AGUA

El ciclo natural del agua tiene una gran capacidad de purificación. Pero esta misma facilidad de regeneración del agua, y su aparente abundancia, hace que sea el vertedero habitual en el que se arrojan los residuos producidos por las actividades humanas. Pesticidas, desechos químicos, metales pesados, residuos radiactivos, etc., se encuentran, en cantidades mayores o menores, al analizar las aguas de los más remotos lugares del mundo. Muchas aguas están contaminadas hasta el punto de hacerlas peligrosas para la salud humana, y dañinas para la vida (Echarri, 2007).

Los problemas de la contaminación se han vuelto más opresivos con los años porque tanto el crecimiento demográfico como la expansión per cápita del consumo de materiales y energía aumentan las cantidades de desechos que van al ambiente. Asimismo, muchos materiales muy utilizados, como las latas de aluminio, los envases de plástico e innumerables productos químicos orgánicos sintéticos, no son biodegradables, es decir resisten el embate y la corrupción de los saprófitos y los descomponedores de detritos y se acumulan en el medio (Barba, 2002).

2.1.3 ORIGEN DE LA CONTAMINACIÓN

Las fuentes de contaminación del agua pueden ser naturales (también llamadas geoquímicas: el suelo) o artificiales (antropogénicas). Normalmente, en este medio, las fuentes naturales son muy dispersas y no provocan concentraciones altas, excepto en algunos lugares muy concretos. Sin embargo, la contaminación antropogénica se concentra en zonas concretas (industrias, ciudades...). Además, los contaminantes son mucho más peligrosos que los emitidos por las fuentes naturales (Encinas, 2011).

Hay cuatro focos principales de contaminación antropogénica: La industria (dependiendo del tipo de industria emitirá unos contaminantes u otros), los vertidos urbanos (que llevan fundamentalmente contaminantes orgánicos), la navegación (muy importante en la contaminación por hidrocarburos) y la agricultura y ganadería (que contaminan con pesticidas, fertilizantes y restos orgánicos de animales y plantas. Todos estos focos de contaminación alteran algunas propiedades del agua, tanto propiedades físicas, químicas como biológicas. Estas propiedades alteradas por los contaminantes son, en realidad, los parámetros que se miden en un agua para determinar la calidad del agua (Encinas, 2011).

Existen dos vías fundamentales de contaminación y que se deben distinguir; la vía natural y la de origen antropológico.

- Contaminación natural: Es la que existe siempre; originada por restos de animales, vegetales, minerales y sustancias que se disuelven cuando los cuerpos de agua atraviesan diferentes terrenos.
- Contaminación de origen antropológico: Aparece conjuntamente con la interacción del hombre con el medio ambiente y es consecuencia de la inadecuada aglomeración de poblaciones, del aumento desmesurado y sin control alguno de las industrias y prácticas agrícolas no controladas. (Romero, 1996).

2.1.4 TIPOS DE CONTAMINACIÓN DEL AGUA

2.1.4.1 CONTAMINACIÓN FÍSICA

- Materiales en suspensión: disminuye la penetración de la luz, alterando la biocenosis y las cadenas tróficas. Modifica las propiedades organolépticas.
- Calor: disminuye la solubilidad de los gases y aumenta la de las sales. Interfiere en los ciclos de crecimiento y reproducción (microorganismos, medusas...).
- Ruido: Barcos, sonar, turbinas, ... desorientación de mamíferos.

2.1.4.2 CONTAMINACIÓN QUÍMICA

- Orgánicos:
 - o Materia orgánica de tratamiento de alimentos y aguas residuales.
 - o Pesticidas. Alteran drásticamente las biocenosis, se acumulan en las cadenas tróficas: esterilidad, malformaciones, muerte.
 - o Productos industriales. Tóxicos, venenosos...

- Inorgánicos:
 - o Detergentes: sulfatos y fosfatos. Produce Eutrofización.
 - o Metales pesados. Acumulación en las cadenas tróficas.
 - o pH. Tóxico para los organismos

2.1.4.3 CONTAMINACIÓN BIOLÓGICA

- Microorganismos patógenos: Protozoos bacterias, virus. Transmisión de enfermedades. No patógenos en exceso, ya que también son parte del sistema de autorregeneración de las aguas superficiales (Ortega, 2014).

2.1.5 EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN

Los efectos de la contaminación son muy diversos y dependen del elemento contaminante, pero entre los más comunes pueden citarse:

- Disminución y/o desaparición de la vida acuática.
- Incremento de enfermedades hídricas (cólera, parasitosis, diarreas, hepatitis, fiebre tifoidea) o aparición de nuevas.
- Deterioro de la calidad de un curso de agua con fines recreativos (natación, buceo, surfing, pesca, navegación y otros).
- Ruptura del equilibrio ecológico (desaparición del hábitat de especies que constituían el alimento de otras).
- Costos elevados para potabilizar el agua (Vallejo, 2014).

2.2 METALES PESADO

Los metales pesados son componentes naturales de la corteza de la tierra que son cinco veces más pesados en densidad que el agua. Estos metales pesados son encontrados en varias formas no pueden ser destruidos o degradados. De

los 35 metales que son expuestos comúnmente, varias agencias han definido 20-25 de estos metales pesados, como tóxicos. Algunos de estos elementos son más tóxicos que otros y pueden ser amenaza para la salud cuando se bioacumulan en los tejidos del cuerpo. Algunos de estos metales pesados incluyen; Arsénico, antimonio, talio, mercurio, plomo y cadmio (INNO VITA, 2009)

Las características tóxicas de los metales pesados se pueden analizar desde diferentes puntos de vista: (1) toxicidad a largo plazo; (2) transformación a formas más tóxicas bajo ciertas condiciones (como es el caso del mercurio): (3) biomagnificación a través de la cadena alimenticia, lo que puede poner en peligro la vida humana; (4) no se degradan por ningún método, incluyendo bio-tratamientos y finalmente: (5) la toxicidad de metales pesados ocurre, incluso a bajas concentraciones desde 1,0 a 10 mg/mL. Algunos metales tóxicos tales como Hg y Cd, son muy tóxicos, incluso en concentraciones del orden de 0,001 a 0,1 mg/mL (Cuizano y Navarro, 2008).

Trazas de algunos metales tales como arsénico, cobalto, germanio, níquel, rubidio y vanadio juegan un importante papel en la vida de muchos organismos, no obstante que algunos metales son esenciales para la vida, un exceso de éstos pueden ser una amenaza para la salud humana y para el medio ambiente (Soto et al., 2004).

2.2.1 CONTAMINACIÓN POR MERCURIO

La presencia de trazas de mercurio en agua se debe principalmente a los residuos de actividades productivas como la minería y la industria, además de las debidas a causas naturales por fenómenos geológicos como la meteorización, la erosión de las rocas y la lixiviación. La interacción de este metal con el ecosistema depende de la forma y especie química en la que se encuentre, además de otros factores como el pH, las condiciones de óxido-reducción del agua, la presencia de sustancias orgánicas con capacidad de

formar complejos químicos y diversos factores climáticos que potencian el estrés químico (Posada y Arroyave, 2006).

El mercurio es uno de los metales pesados que mayor preocupación está causando en el mundo por su acción sumamente tóxica para los organismos y para el hombre. Se considera poco peligroso en forma metálica y en sales minerales, pero en compuestos orgánicos su acción se torna muy tóxica para el hombre como último consumidor de pescados y mariscos, que tienen la propiedad de acumularlo en sus tejidos (Roldán, 1992).

La Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA, 2005) considera que el berilio (Be) y el mercurio (Hg) son dos de los elementos más peligrosos, es decir, que son muy perjudiciales aun en pequeñas cantidades. De acuerdo con lo reportado por el Consejo de Defensa de los Recursos Naturales (Natural Resources Defense Council, 2006), el mercurio funciona como una neurotoxina una vez dentro del cuerpo humano, interfiriendo con el cerebro y el sistema nervioso. La exposición al mercurio antes del nacimiento y durante la infancia puede causar retraso mental, parálisis cerebral, sordera y ceguera. Incluso en dosis pequeñas, el mercurio puede afectar el desarrollo del niño, puesto que causa déficit de atención y problemas de aprendizaje. En los adultos, el envenenamiento por mercurio puede afectar adversamente la fertilidad y la regulación de la presión arterial, a más de causar pérdida de la memoria, temblores, pérdida de la visión y entumecimiento de los dedos de manos y pies (Posada y Arroyave, 2006).

El mercurio, cuando llega a la naturaleza y ha transcurrido un tiempo, es transformado a metilmercurio (CH_3Hg^+). La diferencia entre el mercurio simple y el metilmercurio es muy importante, ya que esta segunda molécula es una forma orgánica, que se acumula en el organismo, sobre todo en el sistema nervioso. Además, esta sustancia produce sinergia con otras sustancias, aumentando sus efectos nocivos. Este proceso de transformación a mercurio orgánico se llama metilación, por medio de la cual se da lugar a la movilización del mercurio. El

metilmercurio, al igual que otros compuestos organometálicos, es liposoluble, y, en consecuencia, presenta una elevada toxicidad, puesto que puede atravesar fácilmente las membranas biológicas y en particular la piel, y a partir de aquí sigue la incorporación del metal en la cadena trófica (Posada y Arroyave, 2006).

2.2.2 EFECTOS TÓXICOS DEL MERCURIO EN PLANTAS ACUÁTICAS

De acuerdo con Wang et al. (1996), la acumulación de metales por los organismos acuáticos se presenta en un proceso que consiste en dos pasos: un primer paso de adsorción rápida o vinculación a la superficie biológica (biosorción), seguido por un segundo paso de transporte lento e irreversible, controlado por difusión al interior de la célula (bioacumulación), que puede ser por difusión del ion metálico a través de la membrana celular o por transporte activo por una proteína transportadora.

En las plantas, los efectos de los metales empiezan en la raíz, ya que este es el órgano responsable de asimilar los nutrientes del medio, y afectan sucesivamente el resto de la planta. En las hojas se producen graves daños en los cloroplastos y las mitocondrias, lo que altera los procesos de fotosíntesis y de respiración. En una fase más avanzada de alteración se producen intensos cambios metabólicos y de regulación celular, y ocurre finalmente el estímulo de la senescencia por acumulación crónica del metal pesado, lo que puede resultar en la muerte de la planta.

Sarkar y Sasadhar (1986) reportan que el helecho acuático *Azolla pinnata* expuesto a diferentes concentraciones de mercurio muestra una disminución en la clorofila, en las proteínas y en el peso seco, e incremento en la permeabilidad de los tejidos. Sin embargo, en concentraciones de 1 mg/L de este metal no se presentan cambios significativos en esas propiedades, mostrando una tolerancia a dicha contaminación.

Para determinar la respuesta de *Lemna minor* a bajos niveles de mercurio acuoso, Subhadra et al. (1991) estudiaron la aceleración de la actividad de la catalasa y la peroxidasa en un período de exposición de 96 horas en forma de cloruro de mercurio (HgCl_2) y cloruro de metilmercurio (CH_3HgCl); resultaron ambos compuestos letales para *Lemna minor* en concentraciones de 4,0 mg/L y 0,01 mg/L, respectivamente.

2.3 CLORUROS

Los cloruros son sales que resultan de la combinación del gas cloro (ion negativo) con un metal (ion positivo). El cloro (Cl_2) es altamente tóxico y es usualmente utilizado como desinfectante, sin embargo, en combinación con un metal, como el sodio (Na), es esencial para la vida, dado que, pequeñas cantidades de cloruros son requeridas para la función celular en los seres vivos. En la naturaleza las sales de cloruro de sodio, cloruro de potasio, y cloruro de calcio están ampliamente distribuidas, su solubilidad en agua fría es: 357, 344, 745 g/L, respectivamente. El cloruro, en forma de ion Cl^- , es uno de los aniones inorgánicos principales en el agua, su contenido procede de fuentes naturales, aguas residuales y vertidos industriales. El efecto antropógeno está mayormente asociado con el ion sodio (García et al., s.f.).

Los niveles de concentración de cloruros en agua no contaminada se encuentran a valores menores de 10 mg/L y en agua que se ha sometido a procesos de cloración ha reportado resultados de 40 a 63 mg/L. En los alimentos los niveles de cloruros permanecen en niveles menores a 0.36 mg/g llegando a reportar valores de 100 mg/ día, sin embargo, la adición ya sea en el procesado, al cocinar o comer llegan a incrementar los niveles resultando un consumo de 6 g/día lo cual se llega a incrementar a 12 g/día en algunos casos. En base a un consumo de 2 litros de agua con una concentración de 10 mg/L la ingestión diaria de NaCl es de 20 mg/L, llegando a reportarse valores de 100 mg/día, con estos datos y asumiendo un consumo de 6 g/día, el agua de beber aporta del 0.33 a 1.6 % del requerimiento diario. En los humanos el 88 % de cloruros es

extracelular y contribuye a la actividad osmótica del cuerpo (World Health Organization, 1996).

El ion cloruro es necesario en la dieta diaria ya que es importante en la salud de los riñones, el sistema nervioso y la nutrición. Sin embargo, si el ion sodio asociado al ion cloruro como cloruro de sodio (NaCl) llega a causar problemas de salud a personas que sufren enfermedad del corazón o riñones, también se ha considerado que la formación de cálculos está relacionada con la salinidad y dureza del agua por la combinación de sales y calcio (World Health Organization, 1996).

2.4 NITRATOS

El “nitrato” se refiere a un compuesto químico de un óxido natural de nitrógeno. Es un componente esencial de todos los seres vivos, además de ser la fuente principal de nitrógeno para las plantas, produciéndose naturalmente en el suelo y el agua. Sin embargo, si los niveles de nitrato son altos, pueden presentar un riesgo para la salud humana (Department of Environmental Quality, 2017)

Fuentes de exceso de nitratos en agua incluyen fertilizantes, sistemas sépticos, efluente de tratamiento de aguas residuales, desechos animales, industriales y de procesamiento de alimentos. Mediante la aplicación de fertilizantes de nitrógeno, quema de combustibles fósiles y el reemplazar de la vegetación natural con la fijación de nitrógeno bacteriana, hemos duplicado la tasa de deposición de nitrógeno en la tierra durante los últimos 50 años. Los niveles de nitrato pueden ser altos en arroyos y ríos debido al escurrimiento de fertilizantes de nitrógeno de campos agrícolas y céspedes en áreas urbanas. Las aguas subterráneas son también susceptibles a la contaminación de muchas sustancias químicas, incluyendo fertilizantes de nitrato, especialmente si la profundidad a la tasa de agua del subsuelo es mínima y no hay ningún confinamiento para reducir el movimiento de contaminantes de la superficie (Department of Environmental Quality, 2017).

2.4.1 NITRIFICACIÓN Y DESNITRIFICACIÓN

Durante la etapa de crecimiento, las macrófitas absorben e incorporan los nutrientes en su propia estructura y funcionan como sustrato para los microorganismos que promueven la asimilación de estos nutrientes a través de transformaciones químicas, incluyendo nitrificación y desnitrificación (Cervantes et al., 2000).

La nitrificación es un proceso aerobio realizado por microorganismos Gram-negativos litoautotróficos que pertenecen a la familia Nitrobacteriaceae, no son esporulados y pueden ser esféricos, bacilares o espirales. Los cultivos nitrificantes generalmente tienden a formar estructuras denominadas flóculos, cuya estabilidad parece depender de la formación de sustancias exopoliméricas. El proceso respiratorio nitrificante se lleva a cabo en dos etapas: 1) oxidación de amonio a nitrito y 2) oxidación de nitrito a nitrato. Durante esta etapa ocurre el mayor consumo de oxígeno, además de que se generan iones hidrógeno, propiciando en el cultivo un descenso del pH (Cervantes et al., 2000).

Una vez que se ha oxidado el amonio a nitrato, este último puede ser reducido a N_2 mediante la desnitrificación biológica. La desnitrificación es un proceso respiratorio anaerobio heterotrófico del tipo anóxico (similar al de los microorganismos de respiración aerobia) donde la reducción del nitrato hasta N_2 sigue una serie de pasos que involucran la actividad de enzimas diferentes. Los géneros desnitrificantes más citados incluyen, Alcaligenes, Paracoccus, Pseudomonas, Thiobacillus y Thiosphaera, entre otros. La mayoría de ellos son heterótrofos, pero algunos pueden crecer autotróficamente en hidrógeno y CO_2 , o en compuestos sulfurados reducidos. La mayoría de estos microorganismos poseen la enzima nitrato reductasa para reducir nitrato a nitrito. Algunas especies, como Pseudomonas aureofaciens, no poseen la óxidonitroso reductasa, así que su producto final es N_2O (Cervantes et al., 2000).

2.5 SULFATOS

Los sulfatos están presentes de forma natural en muchos minerales y se utilizan comercialmente, sobre todo en la industria química. Se liberan al agua procedentes de residuos industriales y mediante precipitación desde la atmósfera; no obstante, las concentraciones más altas suelen encontrarse en aguas subterráneas y provienen de fuentes naturales. En general, la ingesta diaria media de sulfato procedente del agua de consumo, el aire y los alimentos es de aproximadamente 500 mg, siendo los alimentos la principal fuente. Sin embargo, en regiones cuyas aguas de consumo contienen concentraciones altas de sulfato, el agua de consumo puede ser la principal fuente de ingesta (OMS, 2003).

Los datos existentes no permiten determinar la concentración de sulfato en el agua de consumo que probablemente ocasiona efectos adversos para la salud de las personas. Los datos de un estudio en lechones con una dieta líquida y estudios con agua de grifo en voluntarios muestran un efecto laxante con concentraciones de 1000 a 1200 mg/l, pero sin aumento de la diarrea, la deshidratación o la pérdida de peso (OMS, 2003).

No se propone ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el sulfato. No obstante, debido a los efectos gastrointestinales de la ingestión de agua de consumo con concentraciones altas de sulfato, se recomienda notificar a las autoridades de salud las fuentes de agua de consumo en las que las concentraciones de sulfato rebasen los 500 mg/l. La presencia de sulfato en el agua de consumo también puede producir un sabor apreciable (véase el capítulo 10) y contribuir a la corrosión de los sistemas de distribución (OMS, 2003).

2.6 AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales se pueden definir como aquellas que, por uso del hombre, representan un peligro y deben ser desechadas, porque contienen gran cantidad de sustancias y/o microorganismos.

Dentro de este concepto se incluyen aguas con diversos orígenes:

- Aguas residuales domésticas o aguas negras: proceden de las heces y orina humanas, del aseo personal y de la cocina y de la limpieza de la casa. Suelen contener gran cantidad de materia orgánica y microorganismos, así como restos de jabones, detergentes, lejía y grasas.
- Aguas blancas: pueden ser de procedencia atmosférica (lluvia, nieve o hielo) o del riego y limpieza de calles, parques y lugares públicos. En aquellos lugares en que las precipitaciones atmosféricas son muy abundantes, éstas pueden de evacuarse por separado para que no saturen los sistemas de depuración.
- Aguas residuales industriales: proceden de los procesos realizados en fábricas y establecimientos industriales y contienen aceites, detergentes, antibióticos, ácidos y grasas y otros productos y subproductos de origen mineral, químico, vegetal o animal. Su composición es muy variable, dependiendo de las diferentes actividades industriales.
- Aguas residuales agrícolas: procedentes de las labores agrícolas en las zonas rurales. Estas aguas suelen participar, en cuanto a su origen, de las aguas urbanas que se utilizan, en numerosos lugares, para riego agrícola con o sin un tratamiento previo (Espigares y Pérez, 1985).

2.6.1 AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

Las aguas residuales industriales proceden de los procesamientos realizados en fábricas y establecimientos industriales y contienen aceites, detergentes, antibióticos, ácidos y grasas y otros productos y subproductos de origen mineral, químico, vegetal o animal. Su composición es muy variable, dependiendo de las diferentes actividades industriales (Espigares y Pérez, 1985).

La temperatura de las aguas de los residuales de las empresas procesadoras de mariscos y pescados oscila entre 21 °C y 28 °C, el pH entre 7 y 8. Cuando se hace la toma de la muestra, los residuales líquidos presentan concentraciones de oxígeno disuelto (OD) entre 7 y 8 mg/L, pero al cabo de un período de estancamiento, ese oxígeno va disminuyendo drásticamente hasta 1 - 2 mg/L y en otras ocasiones nulo (Basu *et al.*, 1975). Los valores de DBO de los residuales pesqueros están entre 310 y 870 mg/L (Romero, 2005).

Las aguas residuales antes de ser vertidas en las masas receptoras, deben recibir un tratamiento adecuado según su composición capaz de modificar sus condiciones físicas, químicas y microbiológicas (Espigares y Pérez, 1985).

La disposición de las aguas residuales sin tratamiento previo afecta el uso de las aguas superficiales; muchos de los ríos y lagos utilizados como fuentes de abastecimiento de agua tienen altos niveles de contaminación microbiológica, como consecuencia incrementan los factores de riesgo para la salud de las poblaciones (Suematsu, 1995).

En las ciudades costeras, las descargas sin tratamiento de aguas residuales, limitan el uso recreacional al contaminar las playas. Esta situación de grave impacto económico afecta a las exportaciones de productos pesqueros y al turismo (Suematsu, 1995).

2.7 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Las fuentes de agua potable requieren agua de una calidad especialmente alta. En muchas partes del mundo, la introducción de contaminantes originados por la actividad humana ha degradado mucho la calidad de la misma, hasta el grado de convertir corrientes cristalinas en sucios canales a cielo abierto, con pocas formas de vida y menos usos benéficos (Pérez y Camacho, 2011).

Los tratamientos a los que se deben someter los efluentes tienen que garantizar la eliminación o recuperación del compuesto orgánico en el grado requerido por la legislación que regula el vertido del efluente o para garantizar las condiciones mínimas del proceso en el caso de reutilización o recirculación de la corriente para uso interno. El nivel máximo admisible de contaminante puede conseguirse mediante la utilización de diversas técnicas tanto destructivas como no destructivas (Rodríguez et al., 2006).

2.7.1 PRE- TRATAMIENTO

Las aguas residuales antes de su tratamiento, se someten a un Pre -tratamiento. Comprende una serie de operaciones físicas mecánicas cuyo objetivo es separar del agua residual la mayor cantidad posible de materias que por su naturaleza o tamaño pueden originar problemas en las etapas posteriores del tratamiento.

El correcto diseño y posterior mantenimiento de la etapa de pre-tratamiento son aspectos de gran importancia, pues cualquier deficiencia de los mismos repercute respectivamente en el resto de las instalaciones, originando obstrucciones de tuberías, válvulas y bombas, desgaste de equipos, formación de costras, etc.

Las operaciones de pre - tratamiento son:

- Rejillas o desbastes
- Tamices
- Desengrasado
- Desarenado (Ligia y Ramón, 2013).

2.7.2 TRATAMIENTO PRIMARIO

Los sistemas primarios tienen la función de la separar por medios físicos y a veces complementados con químicos, de los sólidos en suspensión no retenidos en el tratamiento previo para preparar el agua, disminuyendo la concentración de elementos contaminantes que afectan los parámetros de calidad para el uso definido del agua (Vaca, 2015)

Un inconveniente de este proceso, es que el sedimento que se obtiene en la separación de los sólidos, es de naturaleza putrefacta y de fácil descomposición, por lo que deberá contratarse una empresa que maneje este residuo (a un costo determinado, por supuesto), o contar con un digestor para procesar biológicamente tal residuo.

Estos tratamientos son:

- Sedimentación
- Flotación
- Coagulación y floculación
- Homogenización
- Neutralización (Ligia y Ramón, 2013).

2.7.3 TRATAMIENTO SECUNDARIO

El tratamiento secundario o tratamiento biológico se emplea para eliminar la contaminación orgánica disuelta. Se realiza mediante microorganismos, que en

condiciones aerobias atacan la materia orgánica presente en las aguas residuales transformándola en gases y materia celular, que posteriormente se separan por decantación (Pérez, 2012)

Estos tratamientos son:

- Lodos activos
- Aireación prolongada (proceso de oxidación total)
- Estabilización por contacto
- Otras modificaciones del sistema convencional de lodos activos: aireación por fase, mezcla completa, aireación descendente, alta carga, aireación con oxígeno puro.
- Lagunaje con aireación.
- Estabilización por lagunaje.
- Filtros biológicos.
- Discos biológicos.
- Tratamientos anaerobios: proceso de contacto, filtros sumergido (Ligia y Ramón, 2013).

2.7.4 TRATAMIENTO TERCIARIO

Consisten en procesos físicos y químicos especiales con los que se consigue limpiar las aguas de contaminantes concretos: fósforo, nitrógeno, minerales, metales pesados, virus, compuestos orgánicos, etc. Es un tipo de tratamiento más caro que los anteriores y se usa en casos más especiales como por ejemplo para purificar desechos de algunas industrias.

Algunas veces el tratamiento terciario se emplea para mejorar los efluentes del tratamiento biológico secundario. Se ha empleado la filtración rápida en arena para poder eliminar mejor los sólidos y nutrientes en suspensión y reducir la demanda bioquímica de oxígeno.

Estos tratamientos son los siguientes:

- Microtamizado.
- Filtración (lecho de arena, antracita...).
- Precipitación y coagulación
- Adsorción (carbón activado)
- Intercambio iónico.
- Ósmosis inversa.
- Electrodialisis
- Cloración y ozonización.
- Procesos de reducción de nutrientes (Ligia y Ramón, 2013).

2.8 FITORREMEDIACIÓN

La fitorremediación se basa en el uso de plantas y su interacción con los microorganismos que se ubican en la rizósfera, con el fin de remover, transformar, secuestrar o degradar sustancias contaminantes contenidas en el suelos, sedimentos, aguas superficiales y subterráneas (Susarla et al., 2002); este proceso puede ser empleado con la finalidad de remover metales, pesticidas, solventes, explosivos, aceites derivados del petróleo, hidrocarburos derivados del petróleo, compuestos clorinados, lixiviados y compuestos volátiles en el aire (EPA, 1999; Interstate Technology and Regulatory Cooperation, 2001; Newman y Reynolds, 2004).

El proceso de fitorremediación puede ser empleado in situ o ex situ, la variación del mecanismo ocurrido en el interior del sistema depende del proceso a realizar la especie a utilizar, dentro de los mismo se describen los siguientes procesos:

Tabla 1: Tipos de Fitorremediación

TIPO	PROCESO INVOLUCRADO	CONTAMINACIÓN TRATADA
Fitoextracción	Las plantas utilizan sus partes cosechables (hojas y raíces) para concentrar metales.	Cadmio, Cobalto, Cromo, Níquel, Mercurio, Plomo, Selenio, Zinc.
Rizofiltración	Las plantas utilizan sus raíces para absorber, precipitar y concentrar metales pesados a partir de efluentes líquidos contaminados y degradar compuestos orgánicos.	Cadmio, Cobalto, Cromo, Níquel, Mercurio, Plomo, Selenio, Zinc, isótopos radioactivos, compuestos fenólicos.
Fitoestabilización	Las plantas tolerantes a los metales reducen la movilidad del mismo y evitar el pasaje a napas subterráneas o al aire.	Lagunas de desechos de yacimientos mineros, fenólicos y compuestos clorados.
Fitoestimulación	Las plantas utilizan los exudados radiculares para promover el desarrollo de microorganismos degradativos.	Hidrocarburos derivados del petróleo y poliaromáticos, Benceno, Tolueno, Atrazina, etc.
Fitovolatilización	Las plantas captan y modifican metales pesados o compuestos orgánicos y los liberan a la atmósfera con la transpiración.	Mercurio, Selenio y Solventes clorados (tetraclorometano y triclorometano.)
Fitodegradación	Las plantas captan, almacenan y degradan compuestos orgánicos para dar subproductos menos tóxicos o no tóxicos.	Municiones (TNT, DNT, RDX, nitrobenceno, nitrotolueno), Atrazina, solventes clorados, DDT, pesticidas fosfatados, fenoles y nitrilos.

Fuente: Cabo, 2008

De los diferentes procesos ya mencionados, solo cuatro de los mismos son relevantes para la asimilación de metales pesados: fitoextracción, fitoestabilización, rizofiltración, fitovolatilización. En lugares contaminados con metales, se usan plantas para estabilizar o retirar los metales del suelo y de las aguas subterráneas por medio de dos mecanismos: fitoextracción y rizofiltración (Kuehl, 2001).

2.9 MACRÓFITAS ACUÁTICAS

Las plantas macrófitas acuáticas, también denominadas hidrófitos, son plantas que tienen todas sus estructuras vegetativas (hojas, tallos y raíces) sumergidas o flotantes. Se incluyen en este grupo las plantas vasculares, algunos géneros de briófitos y las algas carófitas (García et al., 2010).

Las Macrófitas no son organismos especialmente atractivos, los mismos generalmente carecen de flores llamativas, son poco vistosos y no sirven de alimento. Sin embargo, en los ecosistemas acuáticos autóctonos estos organismos juegan un papel clave, de tal forma que, sin las plantas acuáticas, la naturaleza de los ecosistemas cambiaría totalmente y se haría más uniforme, incapaz de mantener a los organismos que lo habitan (García et al., 2010).

Numerosas investigaciones han estudiado el potencial y la capacidad que presentan diversas especies de macrófitas en la bioacumulación de metales (Makos y Hrnecir, 1995; Vesik y Allaway, 1997; Lytle *et al.*, 1998; Maine *et al.*, 1999, 2001; Paris et al., 2005).

De acuerdo a su forma y fisiología las macrófitas necesitan estar en el agua para poder vivir, donde permanecen enraizados al sustrato o flotando libremente. Se distinguen tres tipos biológicos:

- **Macrófitas flotantes.** Aquellos que no se encuentran adheridos al sustrato y reciben sus nutrientes y minerales desde el agua.
- **Macrófitas enraizados-flotantes o emergentes.** Aquellos que se mantienen enraizados al sustrato y tienen hojas, que pueden ser de gran tamaño, que flotan en la superficie, viven en aguas poco profundas, tiene mayor acceso a la luz.
- **Macrófitas sumergidos.** Aquellas especies enraizadas que tienen todas sus estructuras sumergidas dentro del agua, se distinguen por su habilidad de absorción de oxígeno, dióxido de carbono y minerales presentes en el agua.

2.9.1 LEMNA MINOR (LENTEJA DE AGUA)

2.9.1.1 TAXONOMÍA

La lenteja de agua es una planta acuática perenne que flota libremente en la superficie del agua. Su taxonomía es la siguiente:

Tabla 2: Taxonomía de la Lemna minor

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Arales
Familia	Lemnaceae
Género	Lemna
Especie	Lemna minor

Fuente: García et al., 2010

2.9.1.2 DESCRIPCIÓN

Las lentejas de agua están representadas por tres géneros diferentes: Lemna, Spirodela y Wolffia. En ellos se incluyen minúsculas plantas acuáticas, de 0,8-10 mm, que flotan en el agua, aunque algunas de ellas pasan parte de su ciclo sumergidas. Como resultado de la adaptación al medio acuático, el cuerpo vegetativo de estas plantas está extremadamente reducido, de tal forma que su aspecto recuerda más al de un alga que a una planta vascular. Del mismo modo, sus inflorescencias y flores han reducido al extremo sus estructuras y son de aparición ocasional, siendo la multiplicación vegetativa la forma habitual de reproducción (García et al., 2010).

- **Hojas:** Las Lemnáceas no tienen hojas. Su estructura en forma de “lenteja” está formada por un parénquima fotosintético en la cara superior de la “lenteja” y un parénquima aerífero para poder flotar, en la cara inferior, surgiendo de este último una o varias raicillas. Estas estructuras son solitarias o forman grupos de 2 ó 3, como resultado del proceso de multiplicación vegetativa. En Lemna minor la “lenteja” mide 3-6 mm.
- **Flores:** Unisexuales, en inflorescencias compuestas por dos flores masculinas y una femenina, ubicadas en una pequeña depresión del cuerpo lenticular. Tanto las flores masculinas como femeninas no presentan perianto; las masculinas están reducidas a un estambre; las femeninas a un ovario unilocular. La floración en las Lemnáceas es poco habitual y difícil de observar por su pequeño tamaño.
- **Frutos:** Utrículos globosos, alados, de 0,2 mm, con 2 semillas.

2.9.1.3 HÁBITAT

Aguas permanentes, tranquilas, eutrofas, desde dulces hasta un poco salinas.

2.9.1.4 DISTRIBUCIÓN

Se ha encontrado en varias regiones de los hemisferios norte y sur, incluyendo América, Europa, Asia, Australia y Nueva Zelanda. La *Lemna minor* tiene una amplia distribución tropical y subtropical, que se desarrolla principalmente en lagunas, charcos de agua dulce, ciénagas, lagos y ríos calmados (Roldán 1992; Armstrong 2003; Arroyave, 2004).

2.9.1.5 COMPOSICIÓN QUÍMICA

La especie está compuesta principalmente por agua, representando entre el 86 a 97%, su contenido proteico es muy alto.

2.9.1.6 CONDICIONES ÓPTIMAS DE CRECIMIENTO

Luz: La intensidad de luz que requiere la lenteja de agua es de 300 – 600 nm (Wedge y Burris, 1982). En este rango se encuentra la luz azul (400-500 nm), que favorece al crecimiento vegetativo; sin embargo, es necesaria una combinación con luz roja (600-700 nm) para la floración y desarrollo correcto (Basterrechea, 2014). La elección de la luz fluorescente blanca fría se debe a que es la más parecida a la de la luz solar en relación luz azul/luz roja (ver Tabla 1). Además, las luces fluorescentes, al casi no emitir calor, pueden estar a una distancia cercana de las plantas, entre 25 a 30 cm (Jardinería Plantas Y Flores, sf).

Tabla 3: Porcentajes de distribución de la luz en distintas fuentes

Fuente de Luz	Azul	Verde	Rojo	Rojo lejano
Fluorescente blanco frío	<u>21</u>	52	<u>24</u>	2
Lámpara de sodio de alta presión	5	51	38	6
Lámpara incandescente	2	13	34	52
Lámpara de haluro metálico	18	49	25	8
Luz solar directa	<u>23</u>	26	<u>26</u>	25

Fuente: Basterrechea, 2014

Las horas luz que debe recibir la lenteja de agua, según INFOJARDÍN (s.f), son de doce a catorce horas diarias. La Lemna minor es una planta de días cortos, y según Jardinería Plantas Y Flores, prosperan con menos de 12 horas de luz por día. De hecho, estas plantas requieren obligatoriamente un período de días aún más cortos para poder iniciar su proceso de floración.

Temperatura y pH: Sobre la temperatura ideal para la L. minor, Van der Heide et al. (2006), reportan que la temperatura mínima es de 6,2°C, óptima de 25,7°C y máxima de 36,8°C, y fue letal a los 38°C. Skillicorn *et al.* (1993) mencionan que el crecimiento se inhibe cuando la temperatura se acerca a los 35°C. McLay (1976), determinó el rango típico de pH entre 4.5 a 7.5 para esta especie.

2.10 MARCO LEGAL

2.10.1 CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR

(Publicada en el Registro Oficial 449 del 20 de octubre de 2008)

Art. 14: “Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados”.

Art. 15: “El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua. Se prohíbe el desarrollo, producción, tenencia, comercialización, importación, transporte, almacenamiento y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, de contaminantes orgánicos persistentes, agroquímicos internacionalmente prohibidos, y las tecnologías y agentes biológicos experimentales nocivos y organismos genéticamente modificados perjudiciales para la salud humana o que atenten contra la soberanía alimentaria o los ecosistemas, así como la introducción de residuos nucleares y desechos tóxicos al territorio nacional”.

Art. 72: “La naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados. En los casos de impacto ambiental grave o permanente, incluidos los ocasionados por la explotación de los recursos naturales no renovables, el Estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará las medidas adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas”.

Art. 398: “Toda decisión o autorización estatal que pueda afectar al ambiente deberá ser consultada a la comunidad, a la cual se informará amplia y oportunamente. El sujeto consultante será el Estado. La ley regulará la consulta previa, la participación ciudadana, los plazos, el sujeto consultado y los criterios de valoración y de objeción sobre la actividad sometida a consulta. El Estado valorará la opinión de la comunidad según los criterios establecidos en la ley y los instrumentos internacionales de derechos humanos. Si del referido proceso de consulta resulta una oposición mayoritaria de la comunidad respectiva, la decisión de ejecutar o no el proyecto será adoptada por resolución debidamente motivada de la instancia administrativa superior correspondiente de acuerdo con la ley”.

Art. 399: “El ejercicio integral de la tutela estatal sobre el ambiente y la corresponsabilidad de la ciudadanía en su preservación, se articulará a través de un sistema nacional descentralizado de gestión ambiental, que tendrá a su cargo la defensoría del ambiente y la naturaleza”.

2.10.2 POLÍTICAS BÁSICAS AMBIENTALES DEL ECUADOR

(Decreto Ejecutivo No. 1802 publicado en el Registro Oficial 456 del 7 de junio de 1994)

Disposición No. 13: “Reconociendo que una herramienta efectiva para la prevención del daño ambiental es la obligación, por parte del interesado, del Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) y de la propuesta del Programa de Mitigación Ambiental (PMA), para cada caso, acompañando a las solicitudes de autorización para realizar actividades susceptibles de degradar o contaminar al ambiente, que deben someterse a la revisión y decisión de las autoridades competentes: El Estado Ecuatoriano establece como instrumento obligatorio previamente a la realización de actividades susceptibles de degradar o contaminar el ambiente, la preparación, por parte de los interesados a efectuar estas actividades, de un Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) y del respectivo Programa de Mitigación Ambiental (PMA) y la presentación de éstos junto a

solicitudes de autorización ante las autoridades competentes, las cuales tienen la obligación de decidir al respecto y de controlar el cumplimiento de lo estipulado en dichos estudios y programas a fin de prevenir la degradación y la contaminación, asegurando, además la gestión ambiental adecuada y sostenible. El Estudio de Impacto Ambiental y el Programa de Mitigación Ambiental deberán basarse en el principio de lograr el nivel de actuación más adecuado al respectivo espacio o curso a proteger, a través de la acción más eficaz”.

2.10.3 LEY DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

(Publicada en el Registro Oficial 418 del 10 de septiembre de 2004)
Establece las obligaciones específicas en función de la protección del suelo, agua y aire, y la conservación y mejoramiento del ambiente. Prohíbe descargar a la atmósfera, suelo y aguas contaminantes que alteren su calidad y afecten a la salud humana y el medio ambiente.

Art. 16: “Queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, a las redes de alcantarillado, o en las quebradas, acequias, ríos, lagos naturales o artificiales, o en las aguas marítimas, así como infiltrar en terrenos, las aguas residuales que contengan contaminantes que sean nocivos a la salud humana, a la fauna y a las propiedades”.

Art. 20: “Queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y relaciones, cualquier tipo de contaminantes que puedan alterar la calidad del suelo y afectar a la salud humana, la flora, la fauna, los recursos naturales y otros bienes”

2.10.4 REGLAMENTO DE APLICACIÓN A LA LEY DE AGUAS

(Publicado en el Registro Oficial EE-1 del 20 de marzo de 2003)

Art. 89. “Para los efectos de aplicación del Art. 22 de la Ley de Aguas, se considerará como agua contaminada toda aquella que presente deterioro de sus características físicas, químicas o biológicas, debido a la influencia de cualquier elemento o materia sólida, líquida, gaseosa, radioactiva o cualquiera otra sustancia y que den por resultado la limitación parcial o total de ellas para el uso doméstico, industrial, agrícola, de pesca, recreativo y otros”.

Art. 90. “Para los fines de la Ley de Aguas, se considera “cambio nocivo” al que se produce por la influencia de contaminantes sólidos, líquidos o gaseosos, por el depósito de materiales o cualquier otra acción susceptible de causar o incrementar el grado de deterioro del agua, modificando sus cualidades físicas, químicas o biológicas, y, además, por el perjuicio causado a corto o largo plazo, a los usos mencionados en el artículo anterior”.

Art. 91. “Todos los usuarios, incluyendo las municipalidades, entidades industriales y otros, están obligados a realizar el análisis periódico de sus aguas/efluentes, para determinar el grado de contaminación. Si los análisis acusaren índices superiores a los límites determinados, el usuario causante queda obligado a efectuar el tratamiento correspondiente, sin perjuicio de las sanciones previstas en el artículo 77 de la Ley de Aguas”.

2.10.5 TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN AMBIENTAL SECUNDARIA DEL MINISTERIO DE AMBIENTE

(Publicada en el Registro Oficial 725 del 16 de diciembre de 2002)

El Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS) regula la aplicación de los artículos 28 y 29 de la Ley de Gestión Ambiental, en consecuencia, sus disposiciones serán los parámetros básicos que deban acatar

todas las instituciones del Estado que integren el Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental, sus delegatarios y concesionarios.

III METODOLOGÍA

3.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1.1 UBICACIÓN

Se toman en cuenta tres ubicaciones que formaron parte del proceso de investigación:

- L1: Lugar de recolección de las lentejas de agua
- L2: Laboratorio de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la ULEAM
- L3: Habitación para la ejecución de la fase experimental

Tabla 4: Ubicación de los lugares de ejecución de la investigación

CARACTERÍSTICAS	Lugar 1	Lugar 2	Lugar 3
Coordenadas	-1.115396,	-0.951172,	-0.974807,
	-80.204772	-80.745579	-80.700363
Localización	Santa Ana	Manta	Manta
Temperatura media	21.7°C	25°C	25°C

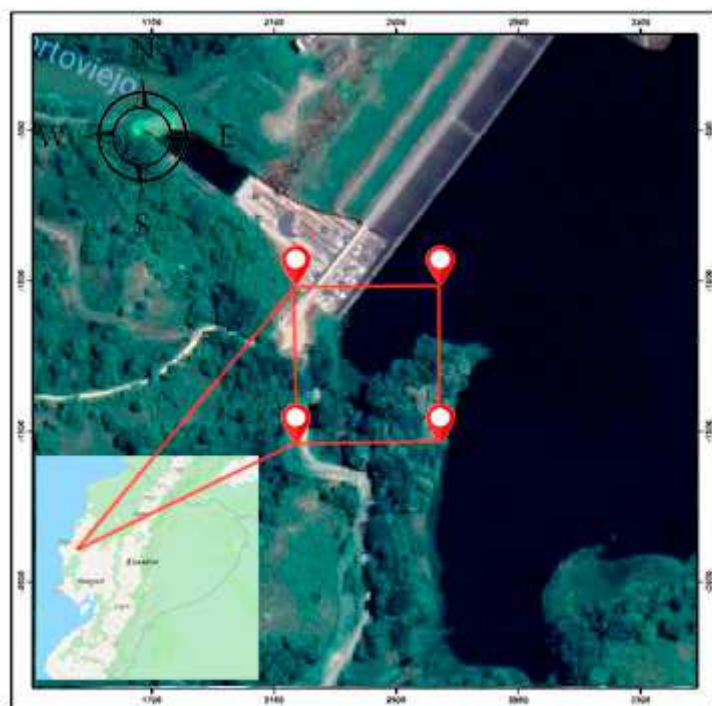
Elaborado por: Autores

3.1.2 IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Se describen tres lugares que fueron considerados para la investigación. La represa Poza Honda ubicada en la comunidad Poza Honda Parroquia Honorato Vázquez, Cantón Santa Ana, Provincia de Manabí, donde se recolectaron las lentejas de agua. En el Laboratorio de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí se llevaron a cabo los ensayos y la preparación del agua sintética residual. Por motivos de falta de disponibilidad de una habitación dentro de la Facultad, la fase experimental se trasladó a la

habitación de una casa donde se adecuó todo para que se tengan las condiciones climáticas y de luz controladas óptimas para el desarrollo de las plantas.

Figura 1: Área de estudio 1 (L1) (Recolección de muestras)



Elaborado por: Autores

Figura 2: Área de estudio 2 (L2) (Base de laboratorio)



Elaborado por: Autores

Figura 3: Área de estudio 3 (L3) (Ensayo definitivo)



Elaborado por: Autores

3.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

3.2.1 TIPO DE DISEÑO EXPERIMENTAL

Esta investigación estuvo formada por cinco tratamientos y tres repeticiones, y para el efecto se utilizó un Diseño Completamente Al Azar.

3.2.2 FACTOR EN ESTUDIO

Tiempo de retención

- 1 = 0 días
- 2 = 3 días
- 3 = 6 días
- 4 = 9 días
- 5 = 12 días

3.2.3 TRATAMIENTOS

Tabla 5: Tratamientos en estudio

Tratamiento	Tiempo de retención	Agua residual
1	0 días	Lemna minor + Hg
2	3 días	Lemna minor + Hg
3	6 días	Lemna minor + Hg
4	9 días	Lemna minor + Hg
5	12 días	Lemna minor + Hg

Elaborado por: Autores

3.2.4 ESQUEMA DEL ANÁLISIS DE VARIANZA (ADEVA)

Tabla 6: Análisis de varianza

Fuentes de Variación	Grados de Libertad
Total	14
Tratamientos	4
Error Experimental	10

Elaborado por: Autores

Prueba de significación

Fisher al 0,01 de probabilidad

3.3 DATOS A EVALUAR

El ensayo se realizó en un espacio cerrado con temperaturas y condiciones ambientales controladas, como se describe a continuación.

3.3.1 TEMPERATURA

La temperatura a la que fueron sometidas las plantas durante los doce días, estuvo dentro del rango estimado para su óptimo desarrollo (25,7 °C) según lo detalla Van der Heide et al. (2006).

3.3.2 pH

Basados en McLay (1976), se determinó el rango típico de pH entre 4.5 a 7.5 para la especie estudiada.

3.3.3 MERCURIO

El mercurio fue agregado al efluente sintético con característica residual mediante la determinación de valores llevada a cabo en los ensayos de laboratorio, donde se calculó la cantidad de nitrato mercurioso dihidratado necesario para alcanzar el valor de mercurio deseado.

3.3.4 CLORUROS

El cloruro fue agregado al efluente sintético mediante cálculos de laboratorio, utilizando como compuesto principal el cloruro de sodio.

3.3.5 NITRATOS

Los nitratos fueron agregados al efluente sintético mediante cálculos de laboratorio, utilizando como compuesto principal el nitrato de potasio.

3.3.6 SULFATOS

El sulfato fue agregado al efluente sintético mediante cálculos de laboratorio, utilizando como compuesto principal el sulfato de magnesio.

3.4 MANEJO DEL EXPERIMENTO

3.4.1 LUZ

La luz artificial que se proporcionó a las plantas para su óptimo desarrollo se basó en la intensidad de luz que requiere esta especie, el tipo de luz, las horas de luz y noche, y la distancia recomendada (Wedge y Burris, 1982; Basterrechea, 2014; Jardinería Plantas Y Flores, sf):

- Tubos Led Fluorescente blanco frío de 20w.
- 12 horas de luz por día/12 horas de noche
- 40 cm de distancia entre las plantas y la fuente de luz.

3.4.2 AGUA RESIDUAL SINTÉTICA

Las pruebas para determinar la eficacia y la eficiencia de la lenteja de agua en su absorción de mercurio se desarrollaron en un agua sintética de característica residual. El agua sintética contó con los parámetros de mercurio total, cloruros, nitratos y sulfatos, y sus valores se determinaron mediante la comparación de la caracterización de las aguas residuales de dos industrias pesqueras del cantón Manta.

La cantidad de mercurio que se asignó al agua sintética fue de 0,05 mg/L, valor que se ubica dentro de las recomendaciones de nivel de toxicidad de mercurio en *Lemna minor* descrito por Posada y Arroyave (2006). En el caso de las sales, se realizó una comparación de los valores facilitados por las industrias pesqueras y los valores utilizados en la investigación de Marín et al. (2005).

Tabla 7: Parámetros iniciales del agua residual sintética

PARÁMETRO	UNIDAD	CANTIDAD
Mercurio	mg/L	0,05
Cloruros	mg/L	85
Nitratos	mg/L	100
Sulfatos	mg/L	1212

Elaborado por: Autores

3.4.3 RECOLECCIÓN DE LAS MUESTRAS DE ESTUDIO

El lugar donde se recolectó la lenteja de agua fue en la represa Poza Honda, ubicada en la parte alta del río Portoviejo, provincia de Manabí. Para la recolección de las plantas se consideraron los siguientes materiales:

- Botas de caucho
- Guantes de látex
- Salvavidas
- Rastrillo
- Cuerdas
- Baldes de plástico
- Fundas de plástico herméticas
- Bandejas de plástico blanco con tapa hermética
- Bidones plásticos azules
- Balanza
- GPS
- Marcador permanente (para el etiquetado)
- Cámara fotográfica
- Lancha

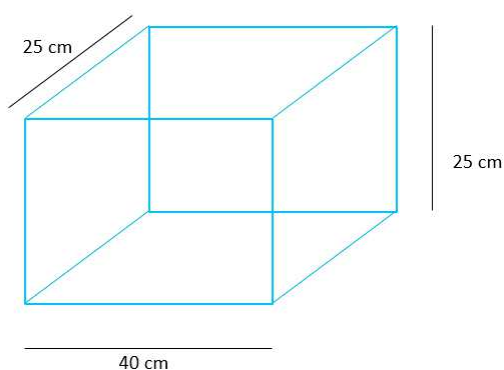
Mediante el uso del rastrillo y las cuerdas, se procedió a arrastrar los especímenes de la lenteja de agua. Se escurrió el agua y las macrófitas se

guardaron en las fundas de plástico. Ya en tierra, fueron pesadas en la balanza para obtener un total de 2 kilogramos de lenteja de agua. Una vez pesadas las lentejas de agua, se colocaron en las bandejas de plástico blanco con tapa hermética, donde se agregó agua propia del lugar de recolección.

3.4.4 SISTEMA DISEÑADO PARA LA FASE EXPERIMENTAL

La evaluación de la eficacia y eficiencia de la *Lemna minor* en la remoción del mercurio presente en el agua residual a tratar, se llevó a cabo en un periodo de 12 días, y fue ejecutada en recipientes de plástico transparente con las siguientes características:

Gráfico 1: Recipientes para la fase experimental



Elaborado por: Autores

Grupo Experimental

En cada recipiente se colocó 10 litros del agua residual sintética, junto a 100 gramos de las lentejas de agua seleccionadas en la fase previa. Durante los doce días se controló la temperatura y el pH del agua, con el objetivo de mantener los parámetros ideales requeridos por la especie (25,7 °C y 6,5 de pH). Además, cada recipiente recibió un constante suministro de circulación de aire, mediante el uso de bombas de aire (JAD-SC 3500).

Grupo Control

El recipiente del tratamiento control estuvo conformado por 10 litros del agua residual, pero sin la presencia de la lenteja de agua. Fue sometido a las condiciones de luz artificial.

Grupo Testigo

Para este tratamiento, se colocaron 100 gramos de lenteja de agua en el recipiente con 10 litros del agua recolectada en la represa de Poza Honda. La principal característica de este grupo es que no se le suministró la dosis de luz artificial diaria ni el bombeo de aire.

3.5 HIPÓTESIS PLANTEADA

La Lenteja de agua (*Lemna minor*), es muy eficaz y eficiente como captadora del mercurio presente en un agua residual provenientes de industrias pesqueras del cantón Manta.

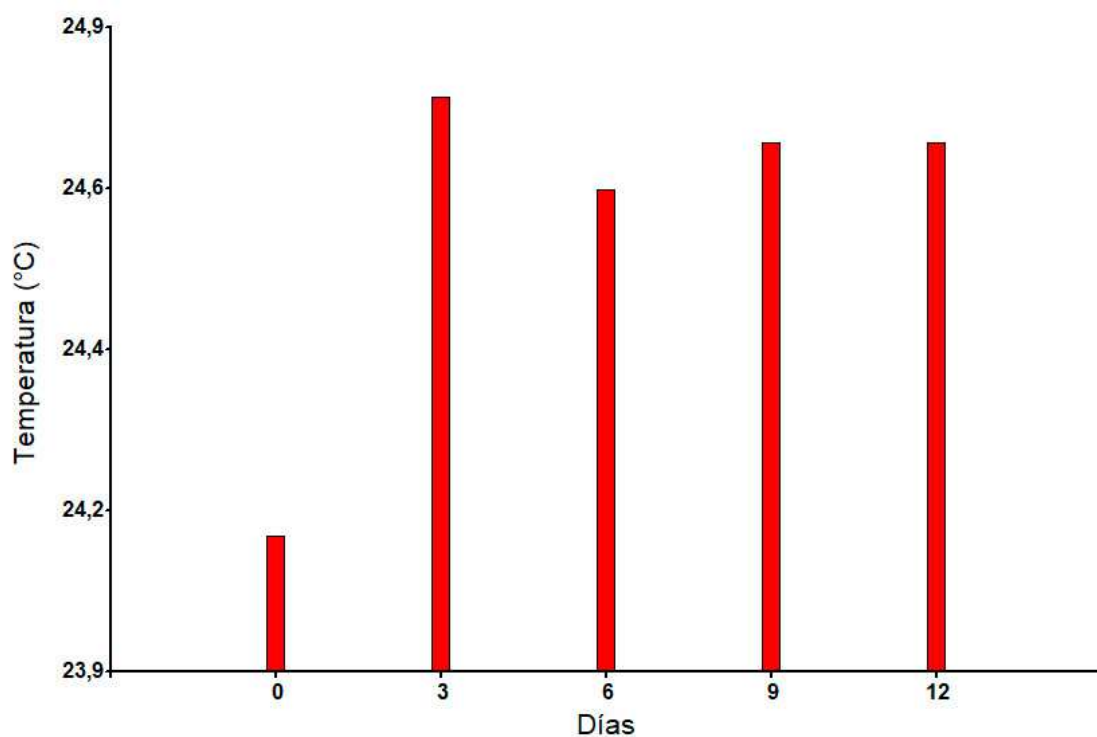
IV ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 RESULTADOS DE PARÁMETROS FÍSICO

4.1.1 TEMPERATURA

La temperatura del agua se midió durante los doce días de la fase experimental, los resultados se expresan en el siguiente gráfico:

Gráfico 2: Temperatura media del agua durante la investigación



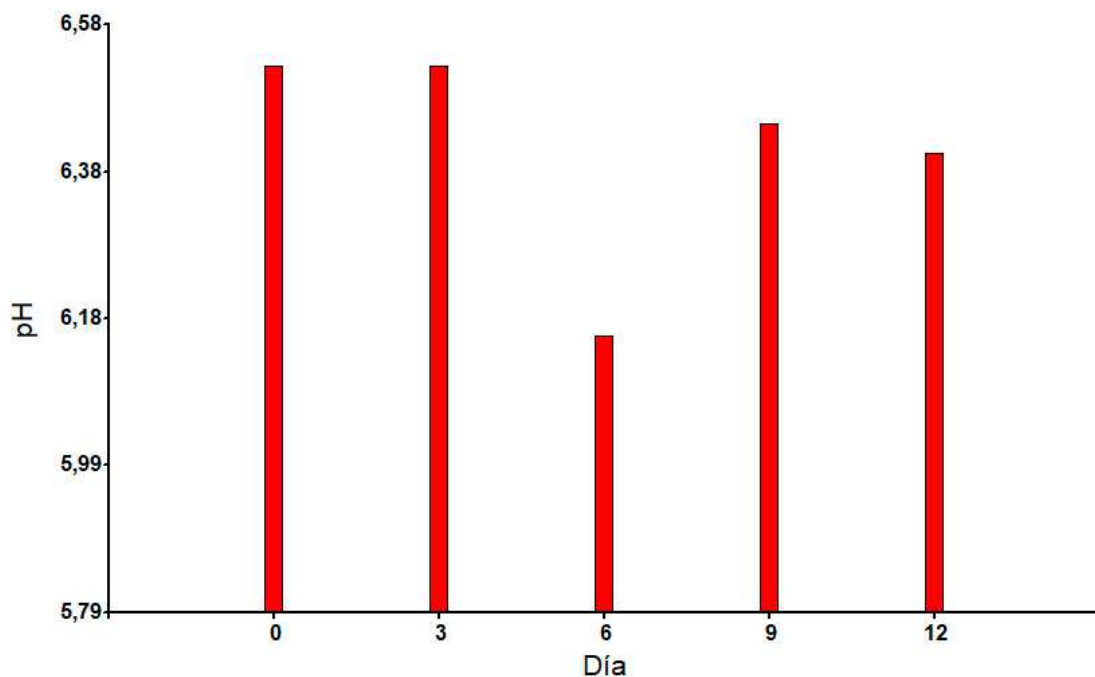
Elaborado por: Autores

Los valores se mantuvieron dentro del rango establecido por Van der Heide et al. (2006).

4.1.2 pH

Durante los 12 días, el pH se mantuvo dentro del rango típico para esta especie determinado por McLay (1976).

Gráfico 3: ph medio del agua durante la investigación



Elaborado por: Autores

4.2 RESULTADOS DE PARÁMETROS QUÍMICOS

Los análisis fueron realizados por el Centro de Servicios Ambientales y Químicos de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Los métodos analíticos utilizados se describen a continuación:

Tabla 8: Parámetros y métodos analíticos

PARÁMETRO	MÉTODO ANALÍTICO
Cloruros	SM 4500 / CP-PEE-A013
Mercurio	SM 3112 B / CP-PEE-A009
Nitratos UV-VIS	SM 4500 NO3 E / CP-PEE-A036
Sulfatos UV-VIS	SM 4500-SO4 / CP-PEE-A035

Elaborado por: Autores

4.2.1 MERCURIO

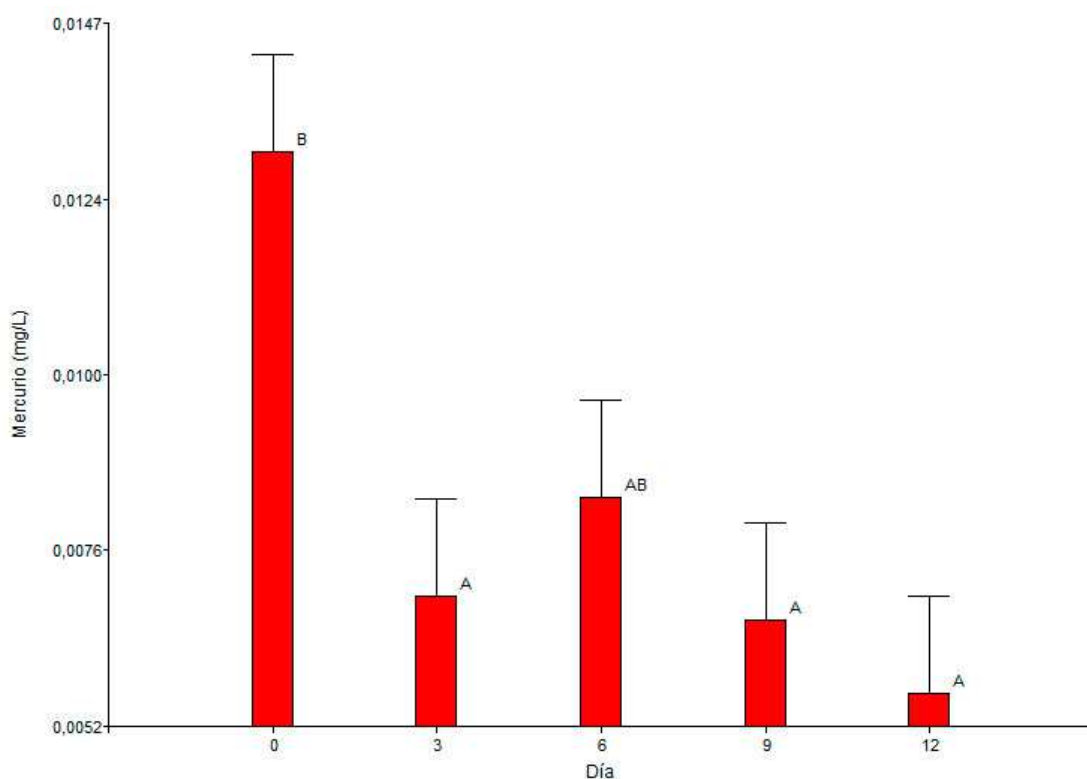
Los resultados de la reducción de mercurio en los diferentes días (tratamientos) se expresan en la tabla 9 y en el gráfico 4, utilizando con punto de partida el control para determinar el valor inicial de mercurio:

Tabla 9: Resultados de mercurio

DÍA	mg/L en agua	
	PROMEDIO	± DE
0	0,013	-
3	0,007	0,001
6	0,008	0,004
9	0,007	0,003
12	0,006	0,002

Elaborado por: Autores

Gráfico 4: Reducción de mercurio en mg/L



Elaborado por: Autores

Los resultados de la reducción de mercurio muestran una diferencia significativa en todos sus tratamientos en relación al tratamiento del día cero, exceptuando el tratamiento del día seis, el cual se ubica entre estos dos rangos. Esto ocurre por lo descrito por Arenas et al. (2011), que habla del punto de saturación de la lenteja de agua en su capacidad de absorción, y en dicha investigación esto ocurre a partir del día tres, donde las plantas devuelven al agua parte del mercurio absorbido; además se puede evidenciar también la absorción rápida (biosorción) y transporte lento e irreversible (bioacumulación) explicados por Wang et al. (1996).

Con el ajuste de datos, se procedió a realizar la prueba de Fisher (ver Tabla 10). Se utilizó el software de estadística Infostat, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 10: Prueba de Fisher

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Mercurio (mg/L)	15	0,66	0,52	28,04

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,0E-04	4	2,5E-05	4,79	0,0203
Día	1,0E-04	4	2,5E-05	4,79	0,0203
Error	5,2E-05	10	5,2E-06		
Total	1,5E-04	14			

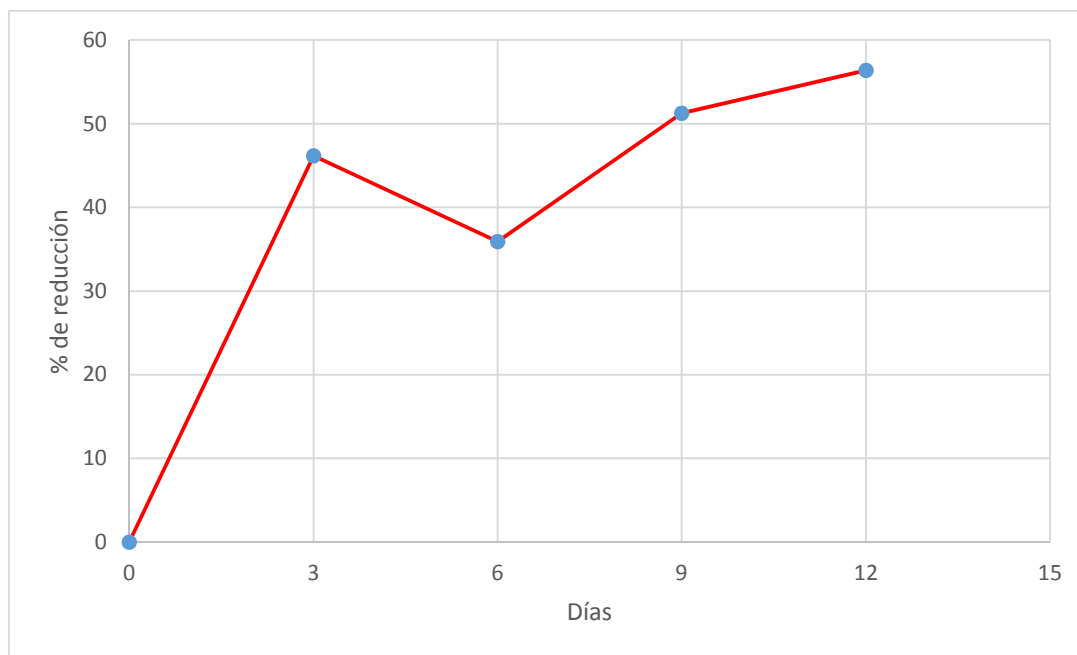
Elaborado por: Autores

Según la prueba de Fisher, existen una diferencia significativa entre el valor inicial y los valores del día 3, 6, 9 y 12; sin embargo, el tratamiento del día 6 se ubica entre ambos rangos.

4.2.1.1 EFICIENCIA SEGÚN EL TIEMPO DE RETENCIÓN

Los resultados de la eficiencia según el tiempo de retención se expresan en el grafico 5, donde se observa que el día 6 es donde se da el menor porcentaje de reducción. Estadísticamente no existe una diferencia significativa entre los días 3, 9 y 12, por lo que la eficiencia se mantiene en estos tres días.

Gráfico 5: Curva de reducción de mercurio



Elaborado por: Autores

Arenas et al. (2011) redujeron en un 30% el mercurio durante un periodo de retención de 20 días, mientras que Jaramillo y Flores (2012) al cabo de 15 días obtuvieron una remoción del 29,5% en tratamiento de aguas de origen de actividades mineras. En esta investigación, el porcentaje de reducción más alto ocurre en los días 6 (51,27%) y 12 (56,4%).

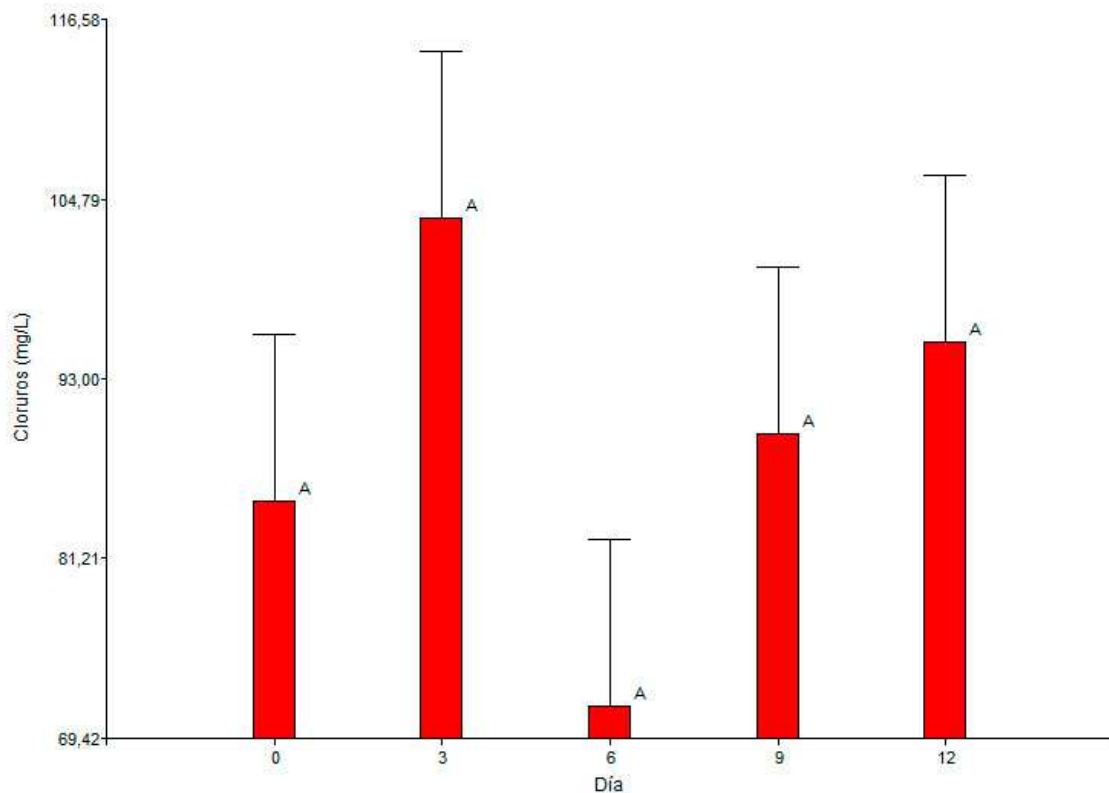
4.2.2 SALES

Para la investigación se tomó en cuenta también tres de las principales sales que se encuentran en grandes concentraciones en los parámetros de las aguas residuales provenientes de industrias pesqueras, como son los cloruros, nitratos y sulfatos. Esto se realizó con la finalidad de determinar si la presencia de estos parámetros en altas cantidades afecta

4.2.2.1 CLORUROS

Durante el ensayo, los valores obtenidos por los análisis de laboratorio de mg/L de cloruros incrementaron su valor del número inicial en el efluente sintético, exceptuando el día 6 donde se evidencia una reducción (ver Gráfico 6).

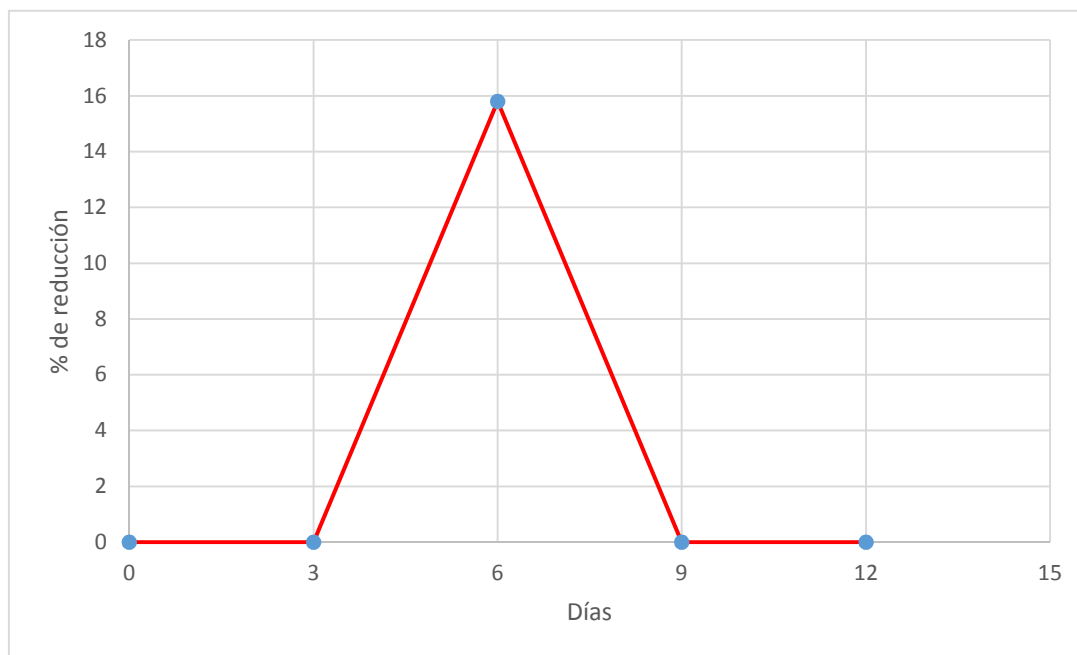
Gráfico 6: Reducción de cloruros



Elaborado por: Autores

Este incremento de cloruro se puede interpretar como la poca capacidad de absorción de esta sal por medio de la lenteja de agua, y su baja tolerancia ante niveles altos de cloruros; una alta presencia de Cl^- en las plantas produce el amarilleamiento prematuro de las hojas, lo cual conduce a la necrosis (Razeto y Fichet, 1998).

Gráfico 7: Curva de reducción de cloruros



Elaborado por: Autores

La rápida saturación que sufre la lenteja de agua por cloruros, sumado a la necrosis en las hojas (Razeto y Fichet, 1998), ocasionan un incremento de los valores iniciales de esta sal.

Tabla 11: Prueba de Fisher para Cloruros

Análisis de la varianza

Variable	N	R ^s	R ^s Aj	CV
Cloruros (mg/L)	15	0,32	0,05	21,29

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

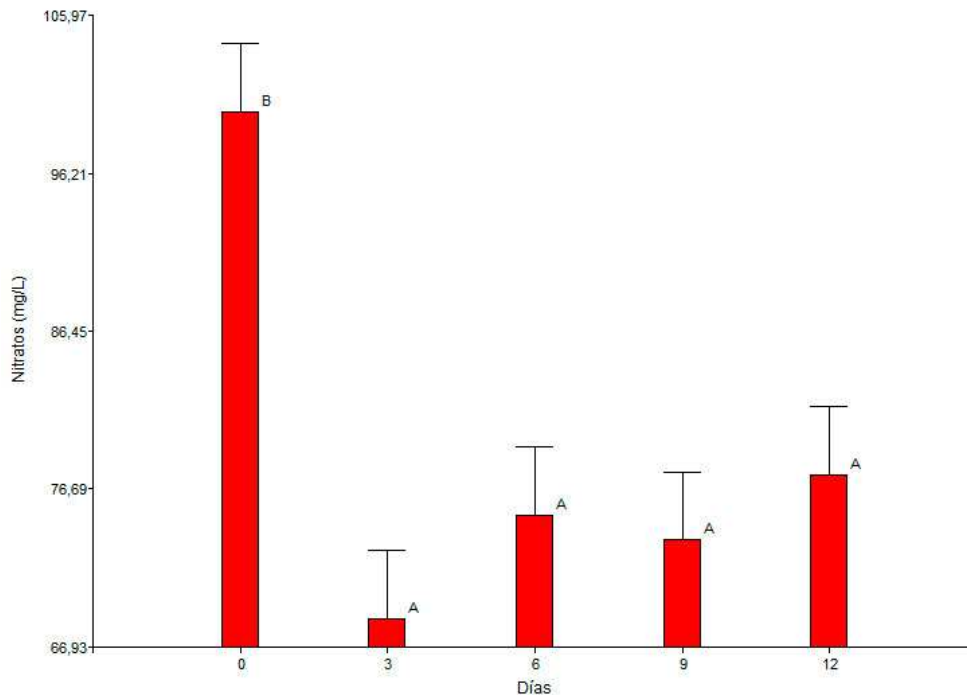
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1712,50	4	428,12	1,19	0,3717
Día	1712,50	4	428,12	1,19	0,3717
Error	3587,56	10	358,76		
Total	5300,06	14			

Elaborado por: Autores

4.2.2.2 NITRATOS

En el presente estudio se observa una diferencia significativa entre el valor inicial y los valores de los días 3, 6, 9 y 12 (ver Gráfico 8).

Gráfico 8: Reducción de nitratos

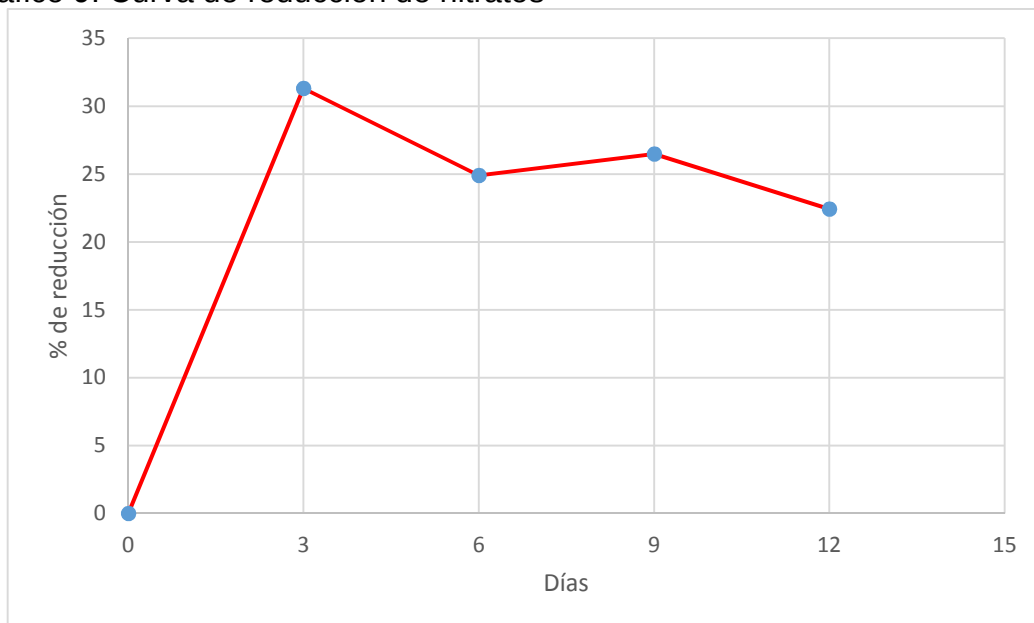


Elaborado por: Autores

Estos resultados se fundamentan en publicaciones que clasifican a la lenteja de agua como un excelente absorbedor de nitratos, motivo por el cual es altamente recomendada para su uso en acuarios (Ruiz, 2014; Ponce, 2016).

Se observa también una variación no significativa entre reducción e incremento de los valores de nitratos en el agua, esto se atribuye a la fase de nitrificación, donde existe un incremento de nitratos, pero posteriormente se reduce en la fase de desnitrificación (Luévano, 2016).

Gráfico 9: Curva de reducción de nitratos



Elaborado por: Autores

La mayor eficiencia de reducción de nitratos se alcanza en el día 3, cuando existe una reducción del 31,3%; sin embargo, las diferencias entre los demás días son no significativas.

Tabla 12: Prueba de Fisher para Nitratos

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Nitratos (mg/L)	15	0,77	0,68	9,82

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

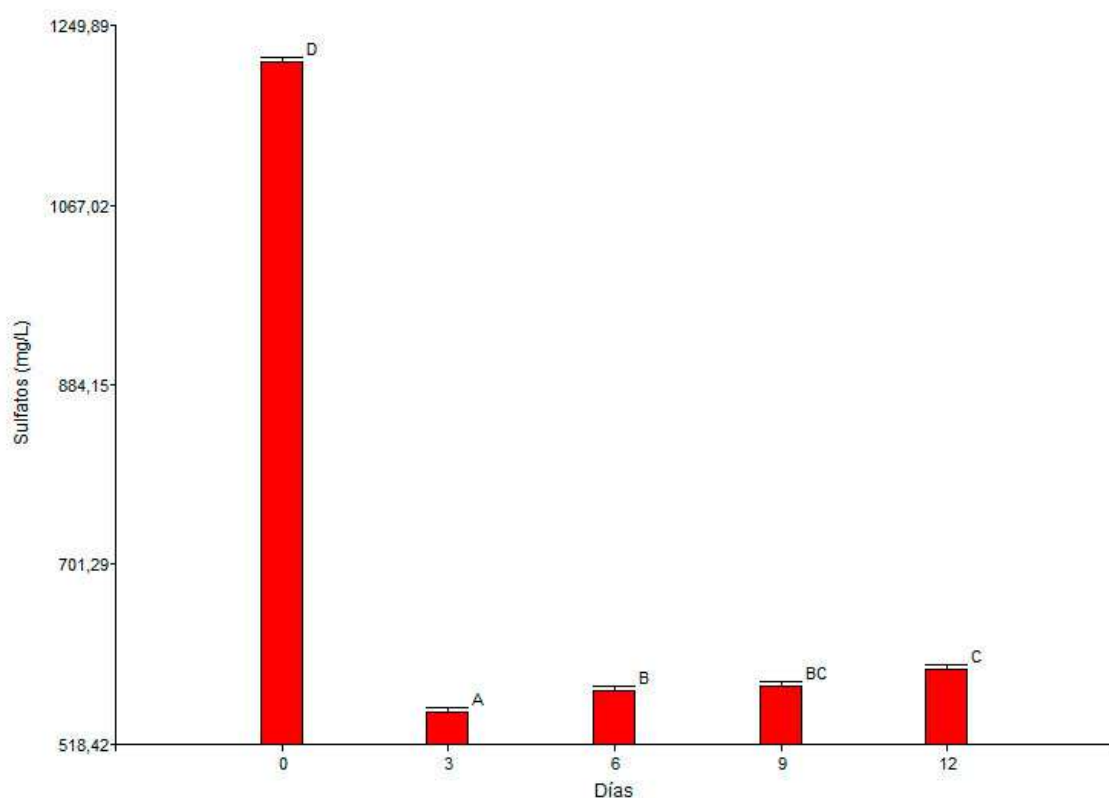
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1782,71	4	445,68	8,44	0,0030
Días	1782,71	4	445,68	8,44	0,0030
Error	528,27	10	52,83		
Total	2310,98	14			

Elaborado por: Autores

4.2.2.3 SULFATOS

Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran una gran absorción de sulfatos en todos los tratamientos posterior al valor inicial (ver Gráfico 10). Esto se debe a que la lenteja de agua, al igual que muchas macrófitas acuáticas requieren grandes cantidades de sulfatos (junto a nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y carbonatos) para su correcto metabolismo, y estos nutrientes los obtienen directamente del agua donde se desarrollan (Celis et al., 2005).

Gráfico 10: Reducción de sulfatos

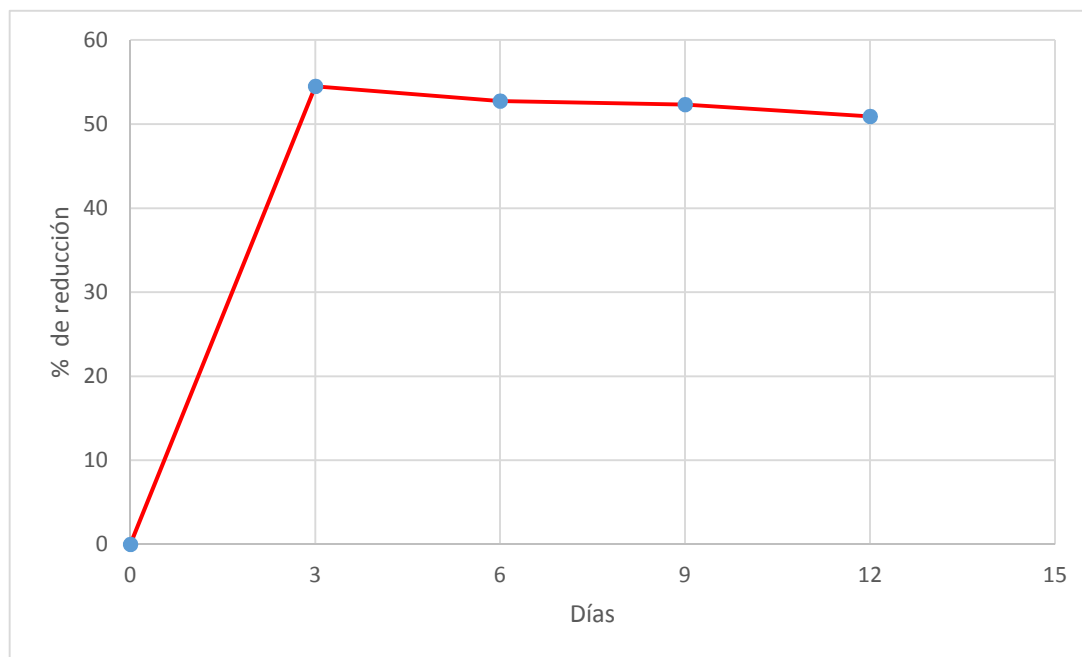


Elaborado por: Autores

Además, existe diferencias significativas en todos los tratamientos. El tratamiento del día 3 es el que más eficiente muestra, con una diferencia significativa según la prueba de Fisher en relación al valor inicial.

Sin embargo, la eficiencia en reducción de sulfatos se mantiene constante desde el día 3 hasta el día 12 (ver Gráfico 11).

Gráfico 11: Curva de reducción de sulfatos



Elaborado por: Autores

Tabla 13: Prueba de Fisher para Sulfatos

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Sulfatos (mg/L)	15	1,00	1,00	1,15

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	979218,27	4	244804,57	3785,64	<0,0001
Días	979218,27	4	244804,57	3785,64	<0,0001
Error	646,67	10	64,67		
Total	979864,93	14			

Elaborado por: Autores

Los valores de cloruros y nitratos muestran una línea de reducción irregular, debido a la mortalidad de varios especímenes presentes en las tres repeticiones, lo que aportan en ciertos días de retención un incremento de los valores iniciales de cada parámetro. En el caso del sulfato, los resultados de reducción fueron significativos, debido a la alta demanda de este nutriente por parte de las macrófitas acuáticas.

4.3 COMPARACIÓN CON LA NORMATIVA LEGAL (TULSMA)

El Texto Único de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA) establece los procedimientos y regula las actividades y responsabilidades públicas y privadas en materia de calidad ambiental. En el Libro VI Anexo I podemos encontrar los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de agua o sistemas de alcantarillado.

Mediante la comparación de los resultados obtenidos en la presente investigación, con los límites permisibles del TULSMA, se puede observar que las tres repeticiones en los diferentes tiempos de retención (3, 6, 9 y 12 días) cumplen la normativa para descargas en el alcantarillado público y cuerpo de agua de agua marina (0,01 mg/L) en respecto al mercurio. Solo en el día 12 de la repetición 2 se excede el límite permisible.

Sin embargo, en lo que respecta a descargas en cuerpos de agua dulce, solo la repetición 1 está dentro del límite permisible (0,005 mg/L). En las demás repeticiones únicamente el día 12 de la repetición 3 la cantidad de mercurio se reduce al límite permisible.

Tabla 14: Comparación de resultados con normativa legal

T.R.	R1	R2	R3	TULSMA		
	mg/L	mg/L	mg/L	Alcantarillado (Tabla 11)	Agua dulce (Tabla 12)	Mar (Tabla 13)
0	0,05	0,05	0,05			
3	0,005	0,008	0,008			
6	0,005	0,012	0,008	0,01	0,005	0,01
9	0,004	0,009	0,007			
12	0,004	0,008	0,005			

Elaborado por: Autores

V . CONCLUSIONES

- De acuerdo a los resultados obtenidos se pudo determinar que la macrófita flotante *Lemna minor*, con un porcentaje de reducción promedio de 46,18 de tiene una alta eficiencia para ser utilizada en la remoción del metal pesado mercurio presente en efluentes provenientes de aguas residuales de industrias pesqueras.
- De los diferentes periodos de retención puestos a prueba en la presente investigación, se concluye que existe una mayor eficiencia a los doce días de retención. Además, el día con el menor porcentaje de retención fue el día 6, cumpliendo la tendencia de investigaciones anteriores con la misma especie.
- Los resultados obtenidos están dentro de los límites permisibles por la normativa legal nacional vigente (TULSMA) para el caso de descargas al alcantarillado público y a cuerpos de agua marina. Sin embargo, en el caso de descargas a cuerpos de agua dulce solo el promedio del periodo de retención de doce días llega al límite máximo permisible.

VI . RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un estudio más profundo a partir de esta investigación, incluyendo la aplicación a pequeña o mediana escala en efluentes reales provenientes de industrias pesqueras, con el fin de corroborar o complementar los resultados obtenidos en el presente estudio.
- La utilización de especímenes de lenteja de agua extraídos de un cuerpo de agua dulce expuestos a contaminantes pudo influir en los resultados finales, por lo que es recomendable para futuras investigaciones usar organismos no expuestos a contaminantes.
- Es importante promover la concientización a las industrias pesqueras del cantón Manta, sobre la importancia de este tipo de investigaciones, y que se analice las posibilidades de implementar con mejoras estos sistemas en sus procesos de tratamientos de aguas residuales.

VII. BIBLIOGRAFÍA

Arenas, A., Marcó, L., Torres, G. 2011. Evaluación de la planta Lemna minor como biorremediadora de aguas contaminadas con mercurio. Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado, Decanato de Agronomía, Dpto. De Química y Suelos, Cabudare, Estado Lara – Venezuela

Armstrong W. 2003. Wayne's Word Lemnaceae Online. Disponible en: <http://www.waynesword.palomar.edu>

Arroyave, M. 2004. La Lenteja de Agua (Lemna minor L.): Una planta acuática promisionaria. Revista EIA, núm. 1. Escuela de Ingeniería de Antioquia

Barba L. 2002. Conceptos básicos de la contaminación del agua y parámetros de medición. Universidad del Valle, Santiago de Cali.

Basterrechea, M. 2014. ¿Cuál es la mejor luz artificial para plantas? Hidroponía Casera. Disponible en: <https://www.hidroponiacasera.net/luz-artificial-para-plantas/>

Basu A., Perigó E., Suárez G. 1975. Efluentes de las plantas procesadoras de pescado y su aspecto contaminante

Bello M., Vera C., Vera H., Anchundia X. 2016. Determinación de mercurio en enlatados de atún comercial de la ciudad de Manta, provincia de Manabí – Ecuador. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Ecuador.

Boy, A. 2015. Determinación de metales pesados en aguas, peces, almejas e Hydrilla verticillata del Lago de Izabal. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia

Cabo, S. 2008. El uso de plantas acuáticas para el tratamiento de aguas. Observatorio Medioambiental.

Celis J., Junod J., Sandoval M. 2005. Recientes aplicaciones de la depuración de aguas residuales con plantas acuáticas.

Cervantes-Carrillo F., Pérez J., Gómez J. 2000. Avances en la eliminación biológica del nitrógeno de las aguas residuales. Departamento de biotecnología, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. México D.F.

Chalén, N. 1986. Mercurio en el estuario interior del Golfo de Guayaquil incluyendo el Estero Salado, Río Guayas y los cursos inferiores de los ríos Daule y Babahoyo. Guayaquil. Instituto Nacional de Pesca.

Chen, Y., Hu W., Huang B., Weindorf D., Rajan N., Lui X., Niedermann S. 2013. Accumulation and health risk of heavy metals in vegetables from harmless and organic vegetable production systems of China. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2013.09.037>

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 (Cundinamarca) pp.1–115. Trabajo de Maestría, Universidad Nacional de Colombia.

Cuizano N., Navarro A. 2008. Biosorción de metales pesados por algas marinas: posible solución a la contaminación a bajas concentraciones

Department of Environmental Quality State of Oregon. 2017. Fact sheet - Hoja Informativa: Nitratos en Aguas de Uso Doméstico.

Echarri L. 2007. Población, Ecología y Medio Ambiente. Universidad de Navarra

Ecoluxen. 2013. Mercurio en la minería artesanal y sus efectos en la salud y el ecosistema. Tomado de: <http://ecoluxen.ec/wp-content/uploads/2013/08/Presentaci%C3%B3n-Mercurio-Final-rev-23-05.pdf>

EFE Agencia. 2013. Ecuador emite 50 toneladas de mercurio al año, según Mercury Watch. Tomado de: <https://www.eluniverso.com/2013/01/16/1/1430/ecuador-emite-50-toneladas-mercurio-ano-segun-mercury-watch.html>

Encinas M. 2011. Medio ambiente y contaminación. Principios básicos.

EPA, 1999. Method 1664, Revision A: N-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and silica Gel Treated N-Hexane Extractable Material (SGTHEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry. Washington, DC 20460

Espigares M., Pérez J. 1985. Aspectos sanitarios del estudio de las aguas. Universidad de Granada. Servicio de Publicaciones. Granada.

European Food Safety Authority. 2015. Metals as contaminants in food. Recuperado de: <http://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/metals>

Félez M. 2009. Situación actual del estado de la depuración biológica. Explicación de los métodos y sus fundamentos.

Fransisca, Y., Small D., Morrison P., Spencer M., Ball A., Jones O. 2015. Assessment of arsenic in Australian grown and imported rice varieties on sale in Australia and potential links with irrigation practises and soil geochemistry.

Chemosphere. Disponible en:
<http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.12.048>

García, P., Fernández, R., Cirujano, S. 2010. Habitantes del agua. Macrófitas. Agencia Andaluza del Agua. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía

García A., Reyes M., Alvarado A., González L., Antuna D., Vásquez E. Benavidez A. s.f. Cloruros totales en el agua de abastecimiento. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Instituto Politécnico Nacional, unidad Durango (CIIDIR IPN Durango). Durango, México.

Gualán S. 2016. Evaluación de pasto alemán (*Echinochloa polystachya*) y lenteja de agua (*Lemna minor*) como especies fitorremediadoras para el tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Chicaña, provincia de Zamora Chinchipe. Universidad Nacional de Loja, Ecuador.

Huang, Z., Pan X., Wu P., Han J., Chen Q. 2014. Heavy metals in vegetables and the health risk to population in Zhejiang, China. Food Control. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.08.036>.

INFOJARDÍN. s.f. Lentejas de agua. *Lemna minor*. Disponible en: <http://fichas.infojardin.com/acuaticas/lemma-minor-lenteja-de-agua-lentejas-aqua.htm>

INNO VITA. 2009. Metales pesados. El asesino silencioso. Consultado en: <http://www.inno-vita.com/pdf/training%20pdf/HM-spanish%20print.pdf>

Interstate Technology and Regulatory Cooperation, 2001. Phytotechnology Technical and Regulatory guidelines. Phytotechnologies work team.

Jaramillo M., Flores E. 2012. Fitorremediación mediante el uso de dos especies vegetales *Lemna minor* (Lenteja de agua), y *Eichornia crassipes* (Jacinto de agua) en aguas residuales producto de la actividad minera. Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca

Jardinería Plantas y Flores. sf. Luz artificial para plantas de interior. Disponible en: <https://jardineriaplantasyflores.com/luz-artificial-para-plantas-de-interior/>

Kara Y., Kara I. 2007. Removal of Cadmium from Water Using Duckweed (*Lemnatisulca* L.). International Journal of Agriculture and Biology.

Kuehl R. 2001. Diseño de experimentos. Segunda edición. Editorial Thomson Learning. Mexico: 661.

Li N., Kang Y., Pan W., Zeng L., Zhang Q., Lou 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. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.03.081>.

Ligia A., Ramón M. 2013. Determinación de sólidos totales, suspendidos, sedimentados y volátiles, en el efluente de las lagunas de oxidación situadas en la parroquia Colón, cantón Portoviejo, provincia de Manabí, durante el período de marzo a septiembre 2013. Obtenido de: <http://repositorio.utm.edu.ec/bitstream/123456789/137/1/DETERMINACION%20ODE%20SOLIDOS%20TOTALES%2C%20SUSPENDIDOS%2C%20SEDIMENTADOS%20Y%20VOLATILES.pdf>

Luévano J. 2016. Propuesta metodológica para reducir la concentración de nutrientes (PO₄, NH₄⁺, NO₃⁻) en bioensayos a la intemperie con *Spirodela polyrhiza*.

Lynch, G. 2007. Auditoría ambiental al proyecto de control de la contaminación del río Manta y su área de influencia de la empresa de agua potable y alcantarillado de Manta, EAPAM. Manta, Ecuador: Dirección de Auditoría de Proyectos y Ambiente de Manta. p. 71

Lytle, C., Lytle F., Yang N., Qian J., Hansen D., Zayed A., Terry N. 1998. Reduction of Cr (VI) to Cr (III) by wetland plants: Potential for in situ heavy metal detoxification. Environ. Sci. Technol., 32: 3087-3093.

Maine, M., Duarte M., SUÑE, E. 2001. Cd uptake by floating macrophytes. Water Research., 35(11): 2629-2634.

Makos J., Hrncir D. 1995. Chemistry of Cr (VI) in a constructed wetland. Environ. Sci. Technol., 29: 2414-2419.

Mancera, N., Álvarez, R. 2006. Estado de conocimiento de las concentraciones de mercurio y otros metales pesados en peces dulceacuícolas de Colombia.

Marín J., Chinga C., Velásquez A., González P., Zambrano L. 2015. Tratamiento biológico como alternativa de depuración de efluentes resultantes del procesamiento de pescado en la ciudad de Manta

McLay, C.L. 1976. The effect of pH on the population growth of three species of duckweed: *Spirodela oligorhiza*, *Lemna minor* and *Wolffia arhiza*. Freshwater Biol., 6: 125-136

Mosquera, A. 2014. Criterios para la determinación de límites permisibles de mercurio en peces de agua dulce del norte de la provincia de Esmeraldas. Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas

Murray, K. 1996. Statistical comparisons of heavy metal concentrations in River sediments. *Environmental Geology* 27, 54-58. N.F. Gray. 2000 ``Calidad del Agua potable``, editorial Acribia, S.A

Nava C., Méndez M., 2011. Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio).

Newman L. y Reynolds C., 2004. Phytoremediation of organic compounds. *Biotechnology* Vol. 15.Pag 225–230.

OMS, 2003: Sulfate in drinking-water. Documento de referencia para la elaboración de las Guías de la OMS para la calidad del agua potable. Ginebra (Suiza), Organización Mundial de la Salud (WHO/SDE/WSH/03.04/114)

Ortega L. 2014. La hidrosfera: contaminación. Contaminación de las aguas. IES Santiago Grisolia, Alicante, España

París C., Hadad H., Maine M., Suñe N. 2005. Eficiencia de dos macrófitas flotantes libres en la absorción de metales pesados. Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe, Argentina.

Pérez C. 2012. Diseño y cálculo del tratamiento secundario mediante aireación prolongada de una EDARU. Universidad Carlos III de Madrid, España.

Pérez F., Camacho K. 2011. Tecnologías para el tratamiento de aguas servidas. Universidad de Veracruz, México.

Ponce J. 2016. Razones para no odiar a la lenteja de agua. Tomado de <http://gambasdeacuario.com/razones-para-no-odiar-a-la-lenteja-de-agua/>

Posada, M.; Arroyave, M. (2006); Efectos del mercurio sobre algunas plantas acuáticas tropicales. Revista de la Escuela de Ingeniería de Antioquia. EIA: 6, 57-67.

Razeto M., Fichet L. 1998. Differences in susceptibility to chloride excess in avocado plants in greenhouse. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Santiago de Chile.

Reyes Y., Vergada I., Torres O., Díaz M., González E. 2016. Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo. Boyacá, Colombia.

Rivera R. 2001. Determinación del nivel de concentración de mercurio en especies de atún de exportación. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Químicas.

Rodríguez A., Letón G., Rosal R., Dorado M., Villar S., Sanz J. 2006. Tratamiento avanzado de aguas residuales industriales. Informe de Vigilancia Tecnológica, Madrid.

Roldán, G. 1992. Fundamentos de limnología tropical. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia. 529 p

Romero J. 1996. Contaminantes del agua. Acuaquímica. Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogota, Colombia

Romero T. 2005. Uso de la microalga *Chlorella* spp, en la depuración de los residuales líquidos de la industria pesquera y su aprovechamiento, Tesis doctoral, CIH, CUJAE, C, Habana, Cuba

Ruiz J. 2014. Tres motivos para no odiar a la lenteja de agua y sus usos alternativos.

Sánchez C., Ramírez J., Cartagena E., Díaz J. 2010. Perfil sociodemográfico y epidemiológico de la población expuesta a la contaminación por mercurio, plomo y cadmio, ubicada en la vereda Manuel Sur del municipio de Ricaurte y los barrios Brisas del Bogotá y La Victoria del municipio de Girardot.

Sarkar A., Sasadhar J. 1986. Heavy metal pollutant tolerance of *Azolla Pinnata*. Botany Department, Burdwan University, Burdwan 713104, West Bengal, India

Singh A., Sharma R., Agrawal M., Marshall F. 2010. Risk assessment of heavy metal toxicity through contaminated vegetables from waste water irrigated area of Varanasi, India. *Tropical Ecology*. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2009.11.041>.

Skillicorn P., Spira W., Journey W. 1993. Duckweed aquaculture: A new aquatic farming system for developing countries. The International Bank for Reconstruction and Development. Washington, D.C

Soto E., Lozano T., Barbarín J., Alcalá M. 2004. Remoción de metales pesados en aguas residuales mediante agentes químicos.

Subhadra A., Nanda A., Behera P., Panda B. 1991. Acceleration of catalase and peroxidase activities in *Lemna minor* L. and *Allium cepa* L. in response to low levels of aquatic mercury. Department of Botany, Berhampur University, Berhampur 760007, India

Suematsu, I. 1995. El tratamiento y la reutilización de aguas. Obtenido de <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsaar/fulltext/procesos.pdf>

Vaca D. 2015. Tratamiento primario de aguas residuales domésticas: Unidad didáctica como eje interdisciplinar en ciencias. Universidad Nacional de Colombia.

Valdés, F., (1999). La contaminación por metales pesados en Torreón, Coahuila, México. Texas Center for Policy Studies, Primera ed, p.50. Available at: <http://www.texascenter.org/publications/torreon.pdf>.

Vallejo J. P. 2014. Estudio del proceso de depuración de aguas residuales industriales provenientes de empresas mineras. Cuenca, Ecuador. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/20202/1/TESIS.pdf>

Van der Heide, T., Roijackers, M.M.R, Nes H.E. van and Peeters, T.H.M.E. 2006. Simple equation for describing the temperature dependent growth of free-floating macrophytes. *Aquat. Bot.*, 84: 171-175.

Vesk P., Allaway G. 1997. Spatial variation of copper and lead concentrations of water hyacinth plants in a wetland receiving urban run-off..

Wang T., Weissman J., Ramesh G., Benemann, J. 1996. Parameters for removal of toxic heavy metals by water milfoil (*Myriophyllum spicatum*). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*.

Wedge, R.M. and Burris, J.E. 1982. Effects of light and temperature on duckweed photosynthesis. *Aquat. Bot.*, 13: 133-140

World Health Organization. 1996. Chloride in drinking water: Background document for Guidelines for drinking water quality.

VIII . ANEXOS

Anexo 1: Recolección de la lenteja de agua



Anexo 2: Recolección de la lenteja de agua



Anexo 3: Ensayos de laboratorio



Anexo 4: Ensayos de laboratorio



Anexo 5: Ensayos de laboratorio



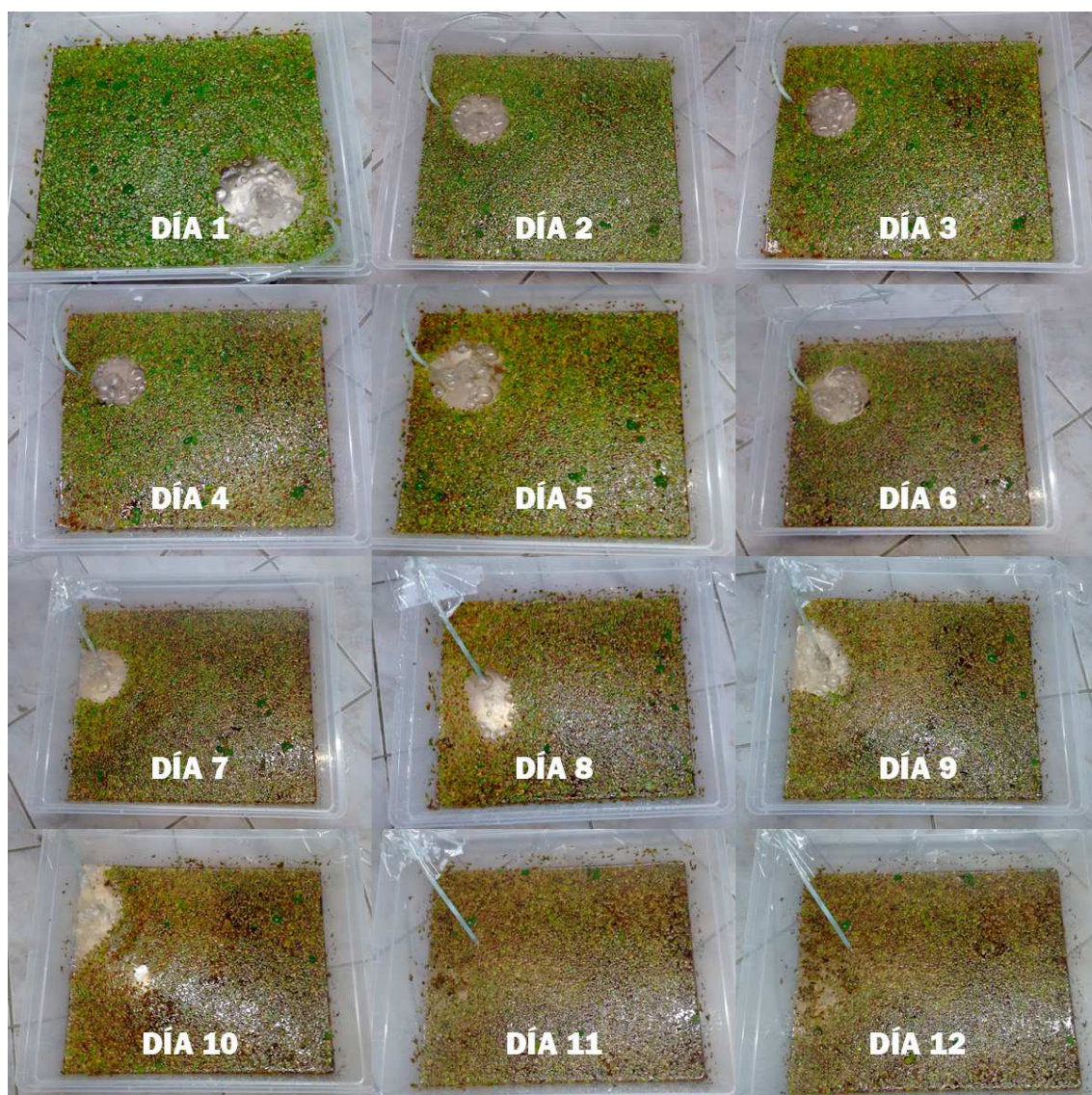
Anexo 6: Fase de aclimatación



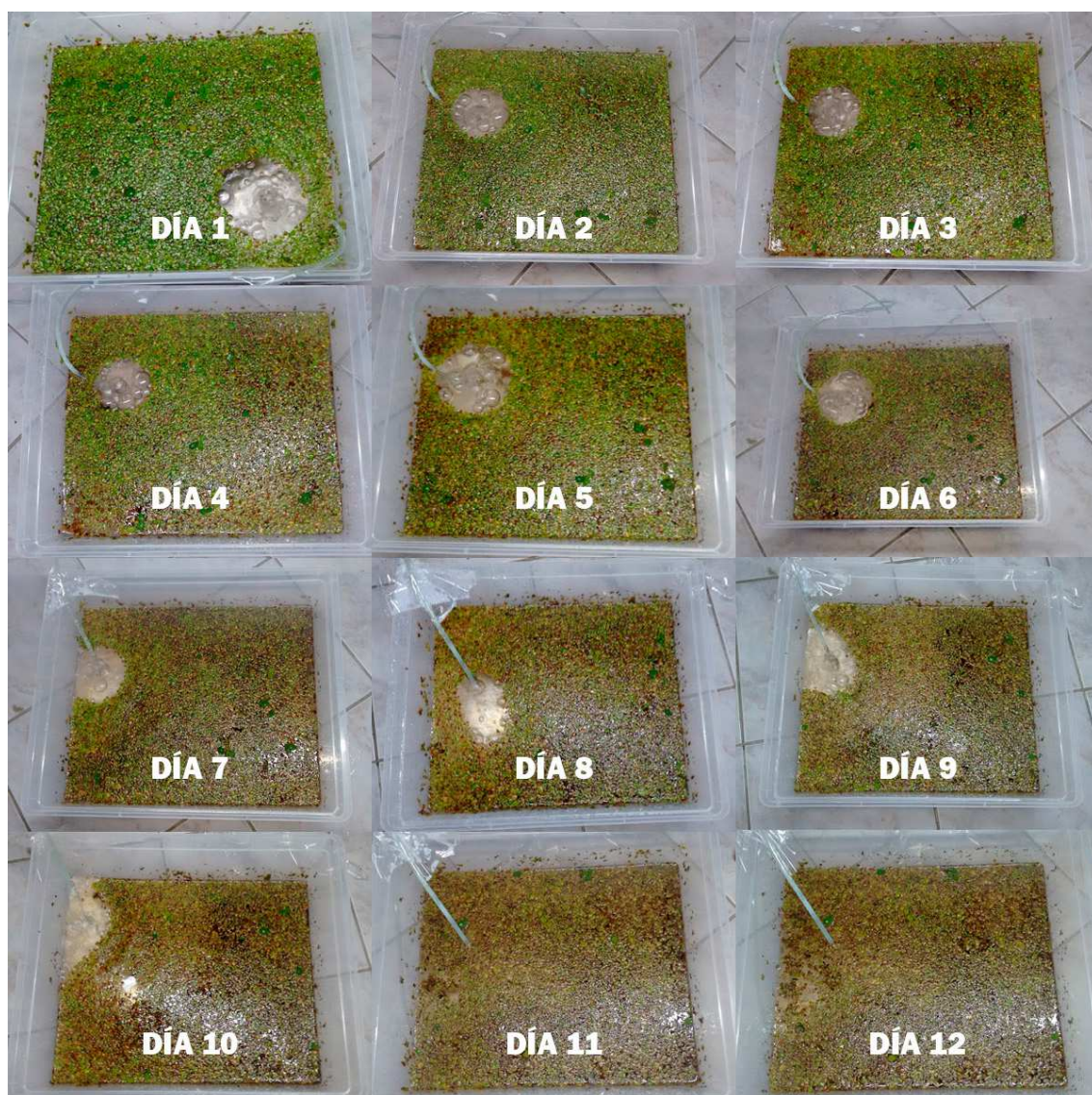
Anexo 7: Fase de aclimatación



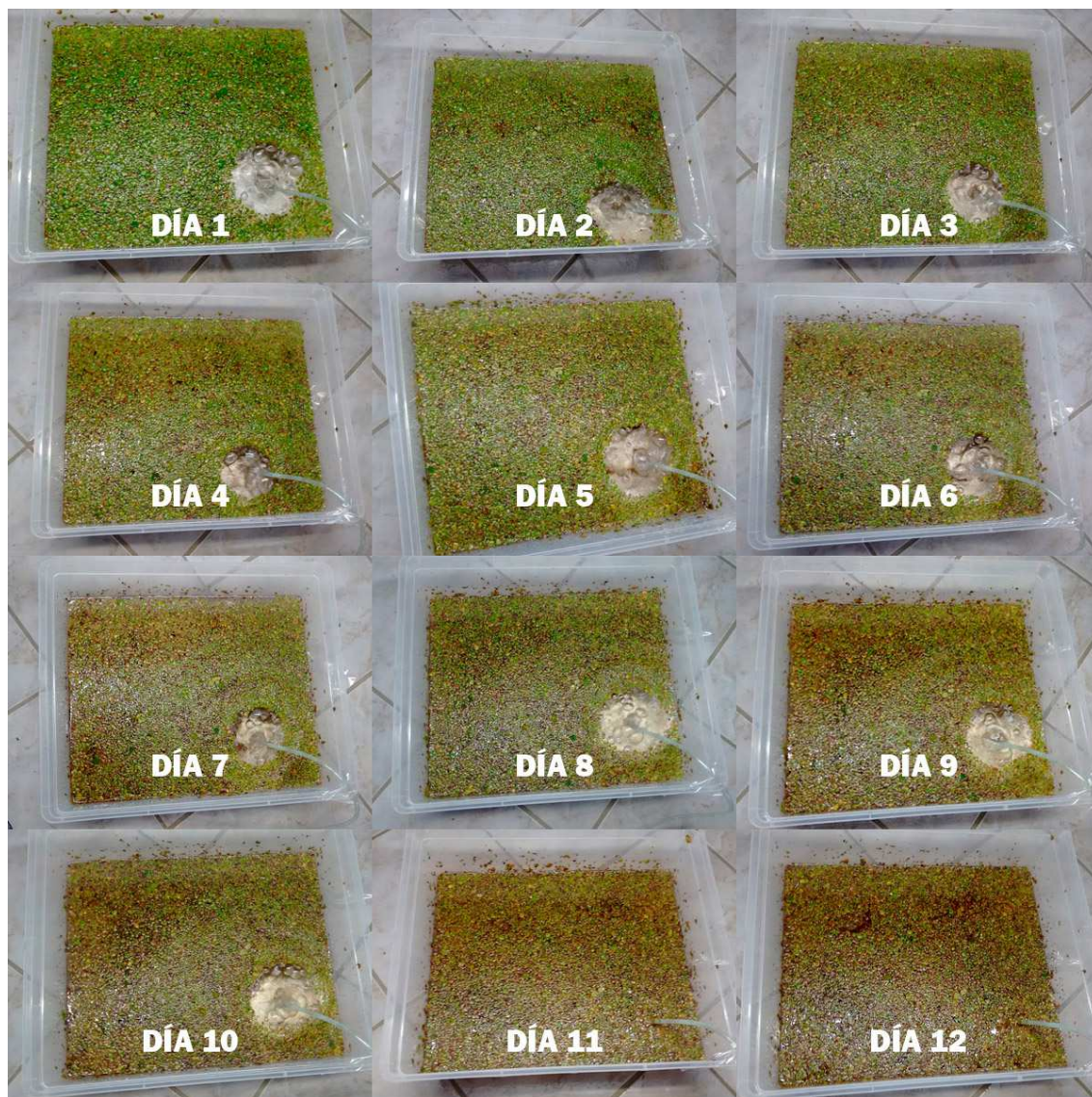
Anexo 8: Repetición 1, día 1 al 12



Anexo 9: Repetición 2, día 1 al 12



Anexo 10: Repetición 3, día 1 al 12



Anexo 11: Muestreo para análisis de laboratorio



Anexo 12: Muestreo para análisis de laboratorio



Anexo 13: Muestreo para análisis de laboratorio



Anexo 14: Muestreo para análisis de laboratorio



TABLA 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	100
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Acidos o bases que puedan causar contaminación, sustancias explosivas o inflamables.		mg/l	Cero
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Carbonatos	CO ₃	mg/l	0,1

Continua...

Continuación...

TABLA 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Caudal máximo		l/s	1.5 veces el

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
			caudal promedio horario del sistema de alcantarillado.
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	1,0
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo (ECC)	mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cromo Hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅ .	mg/l	250
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	500
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Fósforo Total	P	mg/l	15
Hierro total	Fe	mg/l	25,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20
Manganeso total	Mn	mg/l	10,0
Materia flotante	Visible		Ausencia
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	40
Plata	Ag	mg/l	0,5
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Sólidos Sedimentables		ml/l	20
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	220
Sólidos totales		mg/l	1 600
Selenio	Se	mg/l	0,5

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	400
Sulfuros	S	mg/l	1,0

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Temperatura	°C		< 40
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	2,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Sulfuro de carbono	Sulfuro de carbono	mg/l	1,0
Compuestos organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales.	mg/l	0,05
Organofosforados y carbamatos (totales)	Concentración de organofosforados y carbamatos totales.	mg/l	0,1
Vanadio	V	mg/l	5,0
Zinc	Zn	mg/l	10

TABLA 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas.	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aldehídos		mg/l	2,0
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	Nmp/100 ml		⁸ Remoción > al 99,9 %
Color real	Color real	unidades de color	* Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅ .	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	250
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitratos + Nitritos	Expresado como Nitrógeno (N)	mg/l	10,0

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	15
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,05
Organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales.	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Sedimentables		ml/l	1,0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	100
Sólidos totales		mg/l	1 600

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	1000
Sulfitos	SO ₃	mg/l	2,0
Sulfuros	S	mg/l	0,5
Temperatura	°C		< 35
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0
Vanadio		mg/l	5,0
Zinc	Zn	mg/l	5,0

* La apreciación del color se estima sobre 10 cm de muestra diluida

TABLA 13. Límites de descarga a un cuerpo de agua marina

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas		mg/l	0,3
Arsénico total	As	mg/l	0,5
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Bario	Ba	mg/l	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,2
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	0,2
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5

Parámetros	Expresado como	Unidad	Limite máximo permisible
Coliformes Fecales	nmp/100 ml		⁹ Remoción > al 99,9 %
Color real	Color real	unidades de color	* Inapreciable en dilución: 1/20
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅ .	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	250
Fósforo Total	P	mg/l	10
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo.	TPH	mg/l	20,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Total kjedahl	N	mg/l	40
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,2
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	100
Sulfuros	S	mg/l	0,5
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,05

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales	mg/l	0,1
Carbamatos totales	Concentración de carbamatos totales	mg/l	0,25
Temperatura	°C		< 35
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Zinc	Zn	mg/l	10

* La apreciación del color se estima sobre 10 cm de muestra diluida

Anexo 18: Análisis Repetición 1 Día 3

ACREDITACIONES



INFORME CESAQ-PUCE No. 17185-1

Página 1 de 2

Versión: 2

CESAQ - PUCE
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
CENTRO DE SERVICIOS AMBIENTALES Y QUÍMICOS
INFORME DE ANÁLISIS No. 17185-1

Datos generales:

Cliente: ARIEL OCHOA GUTIERREZ / MERCY ALCIVAR VELEZ

Dirección: CALLE 321 Y AV. 4 DE NOVIEMBRE

Teléfono: 0991062658

Tipo de muestra: AGUA RESIDUAL

Toma de Muestra (No cubierta por las acreditaciones)

FECHA DE MUESTREO: 19/11/17

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: T1 - D3

MUESTREADO POR: CLIENTE

FECHA RECEPCIÓN: 23/11/17

INTEGRIDAD DE LA MUESTRA: CUMPLE

Parámetros analizados:

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO
	AGUAS Y SUELOS			
1	Cloruros	SM 4500 Cl / CP-PEE-A013	mg/L	77,9
1	Mercurio	SM 3112 B / CP-PEE-A000	mg/L	0,005
1	Nitratos UV-VIS	SM 4500 NO3 E / CP-PEE-A036	mg/L	67,7
1	Sulfatos UV-VIS	SM 4500 SO4 E / CP-PEE-A035	mg/L	549,0

Fecha de Realización del Ensayo

La muestra ingresa al CESAQ-PUCE el día, 23 de noviembre del 2017. Los análisis fueron realizados en el periodo comprendido entre el 23 de noviembre del 2017 y el 30 de noviembre del 2017.

El presente informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo

El presente informe no debe reproducirse más que en su totalidad, previa autorización escrita del CESAQ - PUCE

Las incertidumbres de los resultados para los ensayos que se encuentran dentro del alcance de acreditación se adjuntan en una página única (MC0701) al presente documento y sus cálculos se encuentran disponibles en los registros del CESAQ-PUCE.

CESAQ-PUCE, laboratorio acreditado OAE LE 2 C 04-001

Av. 12 de Octubre N20-80 y Av. Patria / 2901712 / 2501700 ext. 1936-1908 / cesaq@puce.edu.ec / www.puce.edu.ec/cesaq

Anexo 19: Análisis Repetición 1 Día 6

ACREDITACIONES



INFORME CESAQ-PUCE No. 17185-4

Página 1 de 2

Versión: 2

CESAQ - PUCE

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
CENTRO DE SERVICIOS AMBIENTALES Y QUÍMICOS

INFORME DE ANÁLISIS No. 17185-4

Datos generales:

Cliente: ARIEL OCHOA GUTIERREZ / MERCY ALCIVAR VELEZ

Dirección: CALLE 321 Y AV. 4 DE NOVIEMBRE

Teléfono: 0991062658

Tipo de muestra: AGUA RESIDUAL

Toma de Muestra: (No cubierta por las acreditaciones)

FECHA DE MUESTREO: 22/11/17

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: T1 - D6

MUESTREADO POR: CLIENTE

FECHA RECEPCIÓN: 23/11/17

INTEGRIDAD DE LA MUESTRA: CUMPLE

Parámetros analizados:

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO
	AGUAS Y SUELOS			
1	Cloruros	SM 4500 Cl / CP-PEE-A013	mg/L	73.1
1	Mercurio	SM 3112 B / CP-PEE-A000	mg/L	0,005
1	Nitrato UV-VIS	SM 4500 NO3 E / CP-PEE-A038	mg/L	75.8
1	Sulfato UV-VIS	SM 4500 SO4 E / CP-PEE-A035	mg/L	568.0

Fecha de Realización del Ensayo

La muestra ingresa al CESAQ-PUCE el día, 23 de noviembre del 2017. Los análisis fueron realizados en el periodo comprendido entre el 23 de noviembre del 2017 y el 30 de noviembre del 2017.

El presente informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo

El presente informe no debe reproducirse más que en su totalidad, previa autorización escrita del CESAQ - PUCE

Las incertidumbres de los resultados para los ensayos que se encuentran dentro del alcance de acreditación se adjuntan en una página única (MC0701) al presente documento y sus cálculos se encuentran disponibles en los registros del CESAQ-PUCE.

CESAQ-PUCE, laboratorio acreditado OAE LE 2 C D4-001

Av. 12 de Octubre N20-80 y Av. Patria / 2901712 / 2901700 ext. 1938-1906 / cesaq@puce.edu.ec / www.puce.edu.ec/cesaq

Anexo 20: Análisis Repetición 1 Día 9

ACREDITACIONES



INFORME CESAQ-PUCE No. 17207-1

Página 1 de 2

CESAQ - PUCE
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
CENTRO DE SERVICIOS AMBIENTALES Y QUÍMICOS
INFORME DE ANÁLISIS No. 17207-1

Datos generales:

Cliente: ARIEL OCHOA GUTIERREZ / MERCY ALCIVAR VELEZ

Dirección: CALLE 321 Y AV. 4 DE NOVIEMBRE

Teléfono: 0991062658

Tipo de muestra: AGUA RESIDUAL

Toma de Muestra/(No cubierta por las acreditaciones)

FECHA DE MUESTREO: 25/11/17

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: T1 D9

MUESTREADO POR: CLIENTE

FECHA RECEPCIÓN: 29/11/17

INTEGRIDAD DE LA MUESTRA: CUMPLE

Parámetros analizados:

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO
	AGUAS Y SUELOS			
1	Cloruro	SM 4500 Cl / CP-PSE-A013	mg/L	88.2
1	Mercurio	SM 3112 B / CP-PSE-A008	mg/L	0.004
1	Nitrato UV-Vis	SM 4500 NO3 E / CP-PSE-A036	mg/L	0.2
1	Sulfatos UV-Vis	SM 4500 SO4 E / CP-PSE-A035	mg/L	580.0

Fecha de Realización del Ensayo

La muestra ingresa al CESAQ-PUCE el día: 29 de noviembre del 2017. Los análisis fueron realizados en el periodo comprendido entre el 30 de noviembre del 2017 y el 5 de diciembre del 2017.

El presente informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo

El presente informe no debe reproducirse más que en su totalidad, previa autorización escrita del CESAQ - PUCE

Las incertidumbres de los resultados para los ensayos que se encuentran dentro del alcance de acreditación se adjuntan en una página única (MC0701) al presente documento y sus cálculos se encuentran disponibles en los registros del CESAQ-PUCE.

CESAQ-PUCE, laboratorio acreditado OAE LE 2 C 04-001

Av. 12 de Octubre N20-80 y Av. Patria / 2001712 / 2001700 ext. 1008-1006 / cesaq@puce.edu.ec / www.puce.edu.ec/cesaq

Anexo 21: Análisis Repetición 1 Día 12

ACREDITACIONES



INFORME CESAQ-PUCE No. 17207-4
Página 1 de 2

CESAQ - PUCE
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
CENTRO DE SERVICIOS AMBIENTALES Y QUÍMICOS
INFORME DE ANÁLISIS No. 17207-4

Datos generales:

Cliente: ARIEL OCHOA GUTIERREZ / MERCY ALCIVAR VELEZ

Dirección: CALLE 321 Y AV. 4 DE NOVIEMBRE

Teléfono: 0991062658

Tipo de muestra: AGUA RESIDUAL

Toma de Muestra (No cubierta por las acreditaciones)

FECHA DE MUESTREO: 28/11/17

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: T1 D12

MUESTREADO POR: CLIENTE

FECHA RECEPCIÓN: 29/11/17

INTEGRIDAD DE LA MUESTRA: CUMPLE

Parámetros analizados:

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO
	AGUAS Y SUELOS			
1	Cloruro	SM 4500 Cl / CP-PEE-A013	mg/L	79.7
1	Mercurio	SM 3112 B / CP-PEE-A009	mg/L	0.004
1	Nitrato UV-VIS	SM 4500 NO3 E / CP-PEE-A036	mg/L	72.3
1	Sulfato UV-VIS	SM 4500 SO4 E / CP-PEE-A035	mg/L	597.0

Fecha de Realización del Ensayo

La muestra ingresa al CESAQ-PUCE el día, 29 de noviembre del 2017. Los análisis fueron realizados en el periodo comprendido entre el 30 de noviembre del 2017 y el 5 de diciembre del 2017.

El presente informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo

El presente informe no debe reproducirse más que en su totalidad, previa autorización escrita del CESAQ - PUCE

Los incertidumbres de los resultados para los ensayos que se encuentran dentro del alcance de acreditación se adjuntan en una página única (MC0701) al presente documento y sus cálculos se encuentran disponibles en los registros del CESAQ-PUCE.

CESAQ-PUCE, laboratorio acreditado DAE LE 2 C 04-001

Av. 12 de Octubre N20-80 y Av. Patria / 2091712 / 2091700 ext. 1003-1006 / cesaq@puce.edu.ec / www.puce.edu.ec/cesaq

Anexo 22: Análisis Repetición 2 Día 3

ACREDITACIONES



INFORME CESAQ-PUCE No. 17185-2

Página 1 de 2

Versión: 2

CESAQ - PUCE
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
CENTRO DE SERVICIOS AMBIENTALES Y QUÍMICOS
INFORME DE ANÁLISIS No. 17185-2

Datos generales:

Cliente: ARIEL OCHOA GUTIERREZ / MERCY ALCIVAR VELEZ

Dirección: CALLE 321 Y AV. 4 DE NOVIEMBRE

Teléfono: 0991062658

Tipo de muestra: AGUA RESIDUAL

Toma de Muestra: (No cubierta por las acreditaciones)

FECHA DE MUESTREO: 19/11/17

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: T2 - D3

MUESTREADO POR: CLIENTE

FECHA RECEPCIÓN: 23/11/17

INTEGRIDAD DE LA MUESTRA: CUMPLE

Parámetros analizados:

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO
	AGUAS Y SUELOS			
1	Cromo	SM 4500 Cr / CR-PEE-A013	mg/L	127.3
1	Mercurio	SM 3112 B / CR-PEE-A009	mg/L	0.006
1	Nitratos UV-VIS	SM 4500 NO3 E / CR-PEE-A038	mg/L	66.4
1	Sulfatos UV-VIS	SM 4500 SO4 E / CR-PEE-A035	mg/L	561.0

Fecha de Realización del Ensayo

La muestra ingresa al CESAQ-PUCE el día, 23 de noviembre del 2017. Los análisis fueron realizados en el periodo comprendido entre el 23 de noviembre del 2017 y el 30 de noviembre del 2017.

El presente informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo

El presente informe no debe reproducirse más que en su totalidad, previa autorización escrita del CESAQ - PUCE

Las incertidumbres de los resultados para los ensayos que se encuentran dentro del alcance de acreditación se adjuntan en una página única (MD0701) al presente documento y sus cálculos se encuentran disponibles en los registros del CESAQ-PUCE.

CESAQ-PUCE, laboratorio acreditado OAE LE 2 C 04-001

Av. 12 de Octubre N20-80 y Av. Patria / 2901712 / 2901700 ext. 1938-1906 / cesaq@puce.edu.ec / www.puce.edu.ec/cesaq

Anexo 23: Análisis Repetición 2 Día 6

ACREDITACIONES



INFORME CESAQ-PUCE No. 17185-5

Página 1 de 2

Versión: 2

CESAQ - PUCE
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
CENTRO DE SERVICIOS AMBIENTALES Y QUÍMICOS
INFORME DE ANÁLISIS No. 17185-5

Datos generales:

Cliente: ARIEL OCHOA GUTIERREZ / MERCY ALCIVAR VELEZ

Dirección: CALLE 321 Y AV. 4 DE NOVIEMBRE

Teléfono: 0991062658

Tipo de muestra: AGUA RESIDUAL

Toma de Muestra (No cubierta por las acreditaciones)

FECHA DE MUESTREO: 22/11/17

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: T2 - D6

MUESTREADO POR: CLIENTE

FECHA RECEPCIÓN: 23/11/17

INTEGRIDAD DE LA MUESTRA: CUMPLE

Parámetros analizados:

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO
	AGUAS Y SUELOS			
1	Cloruros	SM 4500 Cl / CP-PEE-A013	mg/L	102.3
1	Mercurio	SM 3112 B / CP-PEE-A009	mg/L	0.012
1	Nitratos UV-VIS	SM 4500 NO3 E / CP-PEE-A036	mg/L	76.0
1	Sulfatos UV-VIS	SM 4500 SO4 E / CP-PEE-A035	mg/L	576.0

Fecha de Realización del Ensayo

La muestra ingresa al CESAQ-PUCE el día, 23 de noviembre del 2017. Los análisis fueron realizados en el periodo comprendido entre el 23 de noviembre del 2017 y el 30 de noviembre del 2017.

El presente informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo

El presente informe no debe reproducirse más que en su totalidad, previa autorización escrita del CESAQ - PUCE

Las incertidumbres de los resultados para los ensayos que se encuentran dentro del alcance de acreditación se adjuntan en una página única (MC0701) al presente documento y sus cálculos se encuentran disponibles en los registros del CESAQ-PUCE.

CESAQ-PUCE, laboratorio acreditado OAE LE 2 C 04-001

Av. 12 de Octubre N20-80 y Av. Pabía / 2901712 / 2901700 ext. 1938-1906 / cesaq@puce.edu.ec / www.puce.edu.ec/cesaq

Anexo 24: Análisis Repetición 2 Día 9

ACREDITACIONES



INFORME CESAQ-PUCE No. 17207-2

Página 1 de 2

CESAQ - PUCE
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
CENTRO DE SERVICIOS AMBIENTALES Y QUÍMICOS
INFORME DE ANÁLISIS No. 17207-2

Datos generales:

Cliente: ARIEL OCHOA GUTIERREZ / MERCY ALCIVAR VELEZ

Dirección: CALLE 321 Y AV. 4 DE NOVIEMBRE

Teléfono: 0991062658

Tipo de muestra: AGUA RESIDUAL

Toma de Muestra: (No cubierta por las acreditaciones)

FECHA DE MUESTREO: 25/11/17

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: T2 D9

MUESTREADO POR: CLIENTE

FECHA RECEPCIÓN: 29/11/17

INTEGRIDAD DE LA MUESTRA: CUMPLE

Parámetros analizados:

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO
	AGUAS Y SUELOS			
1	Cloruro	SM 4500 Cl / CP-PES-A013	mg/L	91.4
1	Mercurio	SM 3112 B / CP-PES-A008	mg/L	0.009
1	Nitratos UV-VIS	SM 4500 NO3 E / CP-PES-A030	mg/L	90.4
1	Sulfatos UV-VIS	SM 4500 SO4 E / CP-PES-A035	mg/L	585.0

Fecha de Realización del Ensayo

La muestra ingresó al CESAQ-PUCE el día 29 de noviembre del 2017. Los análisis fueron realizados en el periodo comprendido entre el 30 de noviembre del 2017 y el 5 de diciembre del 2017.

El presente informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo

El presente informe no debe reproducirse más que en su totalidad, previa autorización escrita del CESAQ - PUCE

Las incertidumbres de los resultados para los ensayos que se encuentran dentro del alcance de acreditación se adjuntan en una página única (MC0701) al presente documento y sus cálculos se encuentran disponibles en los registros del CESAQ-PUCE.

CESAQ-PUCE, laboratorio acreditado OAE LE 2 C 04-001

Av. 12 de Octubre N20-80 y Av. Patria / 2901112 / 2901100 ext. 1038-1906 / cesaq@puce.edu.ec / www.puce.edu.ec/cesaq

Anexo 25: Análisis Repetición 2 Día 12

ACREDITACIONES



INFORME CESAQ-PUCE No. 17207-5

Página 1 de 2

CESAQ - PUCE
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
CENTRO DE SERVICIOS AMBIENTALES Y QUÍMICOS
INFORME DE ANÁLISIS No. 17207-5

Datos generales:

Cliente: ARIEL OCHOA GUTIERREZ / MERCY ALCIVAR VELEZ

Dirección: CALLE 321 Y AV. 4 DE NOVIEMBRE

Teléfono: 0991062658

Tipo de muestra: AGUA RESIDUAL

Toma de Muestra (No cubierta por las acreditaciones)

FECHA DE MUESTREO: 28/11/17

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: T2 D12

MUESTREADO POR: CLIENTE

FECHA RECEPCIÓN: 29/11/17

INTEGRIDAD DE LA MUESTRA: CUMPLE

Parámetros analizados:

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO
	AGUAS Y SUELOS			
1	Cloruro	SM 4500 Cl / CP-PEE-A013	mg/L	103,0
1	Mercurio	SM 3112 B / CP-PEE-A009	mg/L	0,008
1	Nitrato UV-VIS	SM 4500 NO3 E / CP-PEE-A030	mg/L	75,4
1	Sulfato UV-VIS	SM 4500 SO4 E / CP-PEE-A035	mg/L	806,0

Fecha de Realización del Ensayo

La muestra ingresa al CESAQ-PUCE el día, 29 de noviembre del 2017. Los análisis fueron realizados en el periodo comprendido entre el 30 de noviembre del 2017 y el 5 de diciembre del 2017.

El presente informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo

El presente informe no debe reproducirse más que en su totalidad, previa autorización escrita del CESAQ - PUCE

Las incertidumbres de los resultados para los ensayos que se encuentran dentro del alcance de acreditación se adjuntan en una página única (MC0701) al presente documento y sus cálculos se encuentran disponibles en los registros del CESAQ-PUCE.

CESAQ-PUCE, laboratorio acreditado OAE LE 2 C 04-001

Av. 12 de Octubre N20-80 y Av. Patria / 2901712 / 2901700 ext. 1038-1906 / cesaq@puce.edu.ec / www.puce.edu.ec/cesaq

Anexo 26: Análisis Repetición 3 Día 3

ACREDITACIONES



INFORME CESAQ-PUCE No. 17185-3
Página 1 de 2
Versión: 2

CESAQ - PUCE
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
CENTRO DE SERVICIOS AMBIENTALES Y QUÍMICOS
INFORME DE ANÁLISIS No. 17185-3

Datos generales:

Cliente: ARIEL OCHOA GUTIERREZ / MERCY ALCIVAR VELEZ
Dirección: CALLE 321 Y AV. 4 DE NOVIEMBRE
Teléfono: 0991062658
Tipo de muestra: AGUA RESIDUAL

Toma de Muestra (No cubierta por las acreditaciones)

FECHA DE MUESTREO: 19/11/17
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: T3 - D3
MUESTREO POR: CLIENTE
FECHA RECEPCIÓN: 23/11/17 INTEGRIDAD DE LA MUESTRA: CUMPLE

Parámetros analizados:

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO
	AGUAS Y SUELOS			
1	Cloruros	SM 4500 Cl / CP-PEE-A013	mg/L	105,3
1	Mercurio	SM 3112 B / CP-PEE-A009	mg/L	0,008
1	Nitratos UV-VIS	SM 4500 NO3 E / CP-PEE-A036	mg/L	70,0
1	Sulfatos UV-VIS	SM 4500 SO4 E / CP-PEE-A035	mg/L	545,0

Fecha de Realización del Ensayo

La muestra ingresa al CESAQ-PUCE el día, 23 de noviembre del 2017. Los análisis fueron realizados en el periodo comprendido entre el 23 de noviembre del 2017 y el 30 de noviembre del 2017.

El presente informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo

El presente informe no debe reproducirse más que en su totalidad, previa autorización escrita del CESAQ - PUCE

Las incertidumbres de los resultados para los ensayos que se encuentran dentro del alcance de acreditación se adjuntan en una página única (MC0701) al presente documento y sus cálculos se encuentran disponibles en los registros del CESAQ-PUCE.

CESAQ-PUCE, laboratorio acreditado OAE LE 2 C D4-001

Av. 12 de Octubre N20-80 y Av. Patria / 2901712 / 2901700 ext. 1938-1906 / cesaq@puce.edu.ec / www.puce.edu.ec/cesaq

Anexo 27: Análisis Repetición 3 Día 6

ACREDITACIONES



INFORME CESAQ-PUCE No. 17185-6
Página 1 de 2
Versión: 2

CESAQ - PUCE
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
CENTRO DE SERVICIOS AMBIENTALES Y QUÍMICOS
INFORME DE ANÁLISIS No. 17185-6

Datos generales:

Cliente: ARIEL OCHOA GUTIERREZ / MERCY ALCIVAR VELEZ

Dirección: CALLE 321 Y AV. 4 DE NOVIEMBRE

Teléfono: 0991062658

Tipo de muestra: AGUA RESIDUAL

Toma de Muestra (No cubierta por las acreditaciones)

FECHA DE MUESTREO: 22/11/17

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: T3 - D6

MUESTREADO POR: CLIENTE

FECHA RECEPCIÓN: 23/11/17

INTEGRIDAD DE LA MUESTRA: CUMPLE

Parámetros analizados:

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO
	AGUAS Y SUELOS			
1	Oxígeno	SM 4500 OI / CP-PEE-A013	mg/L	39.3
1	Mercurio	SM 3112 B / CP-PEE-A000	mg/L	0.008
1	Nitratos UV-VIS	SM 4500 NO3 E / CP-PEE-A036	mg/L	73.5
1	Sulfatos UV-VIS	SM 4500-SO4 E / CP-PEE-A035	mg/L	574.0

Fecha de Realización del Ensayo

La muestra ingresa al CESAQ-PUCE el día, 23 de noviembre del 2017. Los análisis fueron realizados en el periodo comprendido entre el 23 de noviembre del 2017 y el 30 de noviembre del 2017.

El presente informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo

El presente informe no debe reproducirse más que en su totalidad, previa autorización escrita del CESAQ - PUCE

Las incertidumbres de los resultados para los ensayos que se encuentran dentro del alcance de acreditación se adjuntan en una página única (MC0701) al presente documento y sus cálculos se encuentran disponibles en los registros del CESAQ-PUCE.

CESAQ-PUCE, laboratorio acreditado OAE LE 2 C 04-001

Av. 12 de Octubre N20-60 y Av. Patria / 2501712 / 2501700 ext. 1936-1906 / cesaq@puce.edu.ec / www.puce.edu.ec/cesaq

Anexo 28: Análisis Repetición 3 Día 9

ACREDITACIONES



INFORME CESAQ-PUCE No. 17207-3

Página 1 de 2

CESAQ - PUCE
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
CENTRO DE SERVICIOS AMBIENTALES Y QUÍMICOS
INFORME DE ANÁLISIS No. 17207-3

Datos generales:

Cliente: ARIEL OCHOA GUTIERREZ / MERCY ALCIVAR VELEZ

Dirección: CALLE 321 Y AV. 4 DE NOVIEMBRE

Teléfono: 0991062658

Tipo de muestra: AGUA RESIDUAL

Toma de Muestra: (No cubierta por las acreditaciones)

FECHA DE MUESTREO: 25/11/17

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: T3 D9

MUESTREO POR: CLIENTE

FECHA RECEPCIÓN: 29/11/17

INTEGRIDAD DE LA MUESTRA: CUMPLE

Parámetros analizados:

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO
	AGUAS Y SUELOS			
1	Cloruro	SM 4500 Cl / CP-PES-A013	mg/L	88.5
2	Mercurio	SM 2112 B / CP-PES-A008	mg/L	0.007
3	Nitrato UV-VIS	SM 4500 NO3 E / CP-PES-A036	mg/L	67.0
4	Sulfato UV-VIS	SM 4500 SO4 E / CP-PES-A035	mg/L	568.0

Fecha de Realización del Ensayo

La muestra ingresó al CESAQ-PUCE el día, 29 de noviembre del 2017. Los análisis fueron realizados en el periodo comprendido entre el 30 de noviembre del 2017 y el 5 de diciembre del 2017.

El presente informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo

El presente informe no debe reproducirse más que en su totalidad, previa autorización escrita del CESAQ - PUCE

Las incertidumbres de los resultados para los ensayos que se encuentran dentro del alcance de acreditación se adjuntan en una página única (MC0701) al presente documento y sus cálculos se encuentran disponibles en los registros del CESAQ-PUCE.

CESAQ-PUCE, laboratorio acreditado OAE LE 2 C 04-001

Av. 12 de Octubre N20-80 y Av. Patria / 2001712 / 2001700 ext. 1038-1006 / cesaq@puce.edu.ec / www.puce.edu.ec/cesaq

Anexo 29: Análisis Repetición 3 Día 12

ACREDITACIONES



INFORME CESAQ-PUCE No. 17207-6

Página 1 de 2

CESAQ - PUCE
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
CENTRO DE SERVICIOS AMBIENTALES Y QUÍMICOS
INFORME DE ANÁLISIS No. 17207-6

Datos generales:

Cliente: ARIEL OCHOA GUTIERREZ / MERCY ALCIVAR VELEZ

Dirección: CALLE 321 Y AV. 4 DE NOVIEMBRE

Teléfono: 0991062658

Tipo de muestra: AGUA RESIDUAL

Toma de Muestra (No cubierta por las acreditaciones)

FECHA DE MUESTREO: 28/11/17

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: T3 D12

MUESTREADO POR: CLIENTE

FECHA RECEPCIÓN: 29/11/17

INTEGRIDAD DE LA MUESTRA: CUMPLE

Parámetros analizados:

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO
	AGUAS Y SUELOS			
T	Cloruro	SM-4500 Cl / CP-PPE-A013	mg/L	103.4
T	Mercurio	SM 3112 B.1 / CP-PPE-A028	mg/L	0.005
T	Nitrato UV-VIS	SM 4500 NO3 E / CP-PPE-A036	mg/L	85.0
T	Sulfato UV-VIS	SM 4500 SO4 E / CP-PPE-A035	mg/L	581.0

Fecha de Realización del Ensayo

La muestra ingresa al CESAQ-PUCE el día, 29 de noviembre del 2017. Los análisis fueron realizados en el periodo comprendido entre el 30 de noviembre del 2017 y el 5 de diciembre del 2017.

El presente informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo

El presente informe no debe reproducirse más que en su totalidad, previa autorización escrita del CESAQ - PUCE

Las incertidumbres de los resultados para los ensayos que se encuentran dentro del alcance de acreditación se adjuntan en una página única (MC0701) al presente documento y sus cálculos se encuentran disponibles en los registros del CESAQ-PUCE

CESAQ-PUCE, laboratorio acreditado OAE LE 2 C 04-001

Av. 12 de Octubre N20-80 y Av. Patria / 2991712 / 2991700 ext. 1938-1906 / cesaq@puce.edu.ec / www.puce.edu.ec/cesaq

Anexo 30: Análisis Control Día 6

ACREDITACIONES



INFORME CESAQ-PUCE No. 17185-7
Página 1 de 2
Versión: 2

CESAO - PUCE
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
CENTRO DE SERVICIOS AMBIENTALES Y QUÍMICOS
INFORME DE ANÁLISIS No. 17185-7

Datos generales:

Cliente: ARIEL OCHOA GUTIERREZ / MERCY ALCIVAR VELEZ
Dirección: CALLE 321 Y AV. 4 DE NOVIEMBRE
Teléfono: 0991062658
Tipo de muestra: AGUA RESIDUAL

Toma de Muestra: (No cubierta por las acreditaciones)

FECHA DE MUESTREO: 22/11/17
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: C - D6
MUESTREADO POR: CLIENTE
FECHA RECEPCIÓN: 23/11/17 **INTEGRIDAD DE LA MUESTRA: CUMPLE**

Parámetros analizados:

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO
1	AGUAS Y SUELOS			
1	Cloruro	SM 4500 Cl / CP-PEE-A013	mg/L	94.0
1	Mercurio	SM 3112 B / CP-PEE-A009	mg/L	0.014
1	Nitratos UN-VIS	SM 4500 NO3 E / CP-PEE-A038	mg/L	84.5
1	Sulfatos UN-VIS	SM 4500 SO4 E / CP-PEE-A035	mg/L	580.5

Fecha de Realización del Ensayo

La muestra ingresa al CESAQ-PUCE el día 23 de noviembre del 2017. Los análisis fueron realizados en el periodo comprendido entre el 23 de noviembre del 2017 y el 30 de noviembre del 2017.

El presente informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo

El presente informe no debe reproducirse más que en su totalidad, previa autorización escrita del CESAQ - PUCE

Las incertidumbres de los resultados para los ensayos que se encuentran dentro del alcance de acreditación se adjuntan en una página única (MC0701) al presente documento y sus cálculos se encuentran disponibles en los registros del CESAQ-PUCE.

CESAO-PUCE, laboratorio acreditado OAE LE 2 C 04-001

Av. 12 de Octubre N20-80 y Av. Patria / 2991712 / 2991700 ext. 1908-1906 / cesaq@puce.edu.ec / www.puce.edu.ec/cesaq

Anexo 31: Análisis Control Día 12

ACREDITACIONES



INFORME CESAQ-PUCE No. 17207-7
Página 1 de 2

CESAQ - PUCE
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
CENTRO DE SERVICIOS AMBIENTALES Y QUÍMICOS
INFORME DE ANÁLISIS No. 17207-7

Datos generales:

Cliente: ARIEL OCHOA GUTIERREZ / MERCY ALCIVAR VELEZ
Dirección: CALLE 321 Y AV. 4 DE NOVIEMBRE
Teléfono: 0991062658
Tipo de muestra: AGUA RESIDUAL

Toma de Muestra (No cubierta por las acreditaciones)

FECHA DE MUESTREO: 28/11/17
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: C - D12
MUESTREADO POR: CLIENTE
FECHA RECEPCIÓN: 29/11/17

INTEGRIDAD DE LA MUESTRA: CUMPLE

Parámetros analizados:

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO
	AGUAS Y SUELOS			
1	Cloruro	SM-4500 Cl / CP-PSE-A013	mg/L	58.1
1	Mercuro	SM 3112 B / CP-PSE-A008	mg/L	0.03
1	Nitrato UV-VIS	SM 4500 NO3 E / CP-PSE-A036	mg/L	62.5
1	Sulfato UV-VIS	SM 4500 SO4 E / CP-PSE-A035	mg/L	582.3

Fecha de Realización del Ensayo

La muestra ingresa al CESAQ-PUCE el día, 29 de noviembre del 2017. Los análisis fueron realizados en el periodo comprendido entre el 30 de noviembre del 2017 y el 5 de diciembre del 2017.

El presente informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo

El presente informe no debe reproducirse más que en su totalidad, previa autorización escrita del CESAQ - PUCE

Las incertidumbres de los resultados para los ensayos que se encuentran dentro del alcance de acreditación se adjuntan en una página única (MC0701) al presente documento y sus cálculos se encuentran disponibles en los registros del CESAQ-PUCE.

CESAQ-PUCE, laboratorio acreditado OAE LE 2 C 04-001

Av. 12 de Octubre N20-83 y Av. Patate / 2091712 / 2091700 ext. 1035-1006 / cesaq@puce.edu.ec / www.puce.edu.ec/cesaq