



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS, FÍSICAS Y
QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

TRABAJO DE TITULACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO QUÍMICO

TEMA:

“EVALUACIÓN QUÍMICA-AMBIENTAL DEL EFLUENTE DE
LA LAGUNA DE MADURACIÓN DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES DE PORTOVIEJO
MEDIANTE ENSAYOS ECOTOXICOLÓGICOS.”

AUTORES:

MACIAS INTRIAGO MARIA LISBETH
ZAMBRANO PINCAY BRAYAN ORLEY

TUTOR

ING. ULBIO ALCÍVAR CEDEÑO

PORTOVIEJO, 2015

Dedicatoria

Dedico con todo mi amor y aprecio este trabajo de tesis:

Al ser indescriptible que me permite vivir, me da fuerzas y fe cada día para seguir adelante a pesar de los obstáculos, dedico todo mi trabajo a Dios.

A mi familia por todo el apoyo moral y económico que me han brindado, en especial a mis padres Antonio y Sobeida quienes con mucha dedicación y esfuerzo me han dado lo mejor de sí por verme feliz y quienes siempre han sido mi principal inspiración de triunfar.

Y a ti Brayan tu más que nadie, quien siempre estuvo cerca para brindarme su apoyo incondicional sin siquiera pedirlo y tomarme de la mano haciendo más fácil mi camino hasta aquí.

LISBETH

Dedicatoria

Con mucho amor y cariño dedico el siguiente trabajo de tesis:

A Dios que me dio vida y fuerzas para seguir adelante. A mi familia principalmente a mi mamá la Sra. Gina Zambrano quien ha sido mi mayor inspiración de alcanzar mis sueños y quien a su vez con amor y apoyo incondicional, esfuerzo y ejemplo me inculco tantos valores en cada momento de mi vida aun estando lejos. A mi papá el Sr Juan, a mis hermanos Patricio y Gabriela que siempre estuvieron allí para apoyarme brindándome su cariño incondicional.

A mis tíos la Sra. Sandra que me ha ayudado mucho, al Sr. Jacinto quien ha sido como un padre para mí ofreciéndome su apoyo incondicional en todo este tiempo de estudio.

A ti mi fuerte, mi tranquilidad en todos mis momentos de desesperación, a ti Lisbeth a ti que con tu cariño me apoyaste en todo momento, con tus sonrisas me hacías olvidar de las dificultades que se avecinaban y con tus abrazos recomfortaste mi espíritu siempre. Y a todos a aquellos que de una u otra manera me han apoyado a lograr este objetivo.

BRAYAN

Agradecimiento

Nuestros más sinceros e infinitos agradecimientos:

A Dios, por iluminar nuestro camino en cada momento, y por brindarnos sabiduría, salud y fuerza para seguir adelante a pesar de los obstáculos encontrados en el camino.

A los directivos de la Universidad Técnica de Manabí, institución que nos abrió sus puertas para formarnos como profesionales y así permitirnos poder cumplir con nuestros estudios superiores.

A nuestra revisora de tesis Ing. Gisela Latorre quien con su criterio fue una gran fuente de ayuda para culminar esta etapa de nuestra vida.

A nuestro tutor de tesis Ing. Ulbio Alcívar por prestar sus conocimientos y experiencia para la ejecución de este trabajo de investigación, al mismo tiempo por facilitarnos el ingreso a las instalaciones del laboratorio de ecotoxicología y a más de eso guiarnos con agrado en todo momento y así cumplir este logro.

A nuestros Docentes, quienes con mucha paciencia compartieron sus conocimientos profesionales dentro y fuera de las aulas de clases.

Y finalmente pero no menos importantes agradecemos a nuestras familias y amigos que siempre fueron de gran apoyo en cada momento, no solo durante el tiempo de estudios, sino durante toda nuestra etapa de aprendizaje.

Los Autores.

Certificado del tutor de tesis

Yo, Ingeniero Ulbio Alcívar Cedeño, catedrático de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas de la Universidad Técnica de Manabí, para los fines legales

CERTIFICO:

Que el trabajo de titulación **“EVALUACIÓN QUÍMICA-AMBIENTAL DEL EFLUENTE DE LA LAGUNA DE MADURACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES DE PORTOVIEJO MEDIANTE ENSAYOS ECOTOXICOLÓGICOS.”** fue desarrollada bajo mi tutoría y control por los señores **MACIAS INTRIAGO MARIA LISBETH Y ZAMBRANO PINCAY BRAYAN ORLEY**, previo a la obtención del Título de **Ingeniero Químico**, cumpliendo con todos los requisitos del nuevo Reglamento para el trabajo de Titulación que exige la Universidad, alcanzado mediante el esfuerzo, dedicación y perseverancia demostrado por los autores de este trabajo.

Ing. Ulbio Alcívar Cedeño, Mg. Sc.
TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Informe del trabajo de Titulación

Luego de haber revisado el trabajo de titulación, en la modalidad de investigación y que lleva por tema: **“EVALUACIÓN QUÍMICA-AMBIENTAL DEL EFLUENTE DE LA LAGUNA DE MADURACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES DE PORTOVIEJO MEDIANTE ENSAYOS ECOTOXICOLÓGICOS”** desarrollado por la Srta. Macías Intriago María Lisbeth con CI: 1312796889 y el Sr. Zambrano Pincay Brayan Orley con CI: 2400094955, previo a la Obtención del Título de Ingeniero(a) Químico(a), bajo la tutoría y control del Ing. Ulbio Alcívar Cedeño y cumpliendo con todos los requisitos del nuevo **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ**, aprobada por el Honorable Consejo Universitario el 09 de junio del 2015, cumpla con informar que en la ejecución del mencionado trabajo de titulación sus autores:

1. Han respetado los derechos de autor correspondiente a tener menos del 10% de similitud con otros documentos existentes en el repositorio.
2. Han aplicado correctamente el Manual de Estilos de la Universidad Andina Simón Bolívar del Ecuador
3. Las conclusiones guardan estrecha relación con los objetivos planteados.
4. El trabajo posee suficiente argumentación técnica-científica, evidenciada en el contenido bibliográfico consultado, y
5. Mantiene rigor científico en las diferentes etapas de su desarrollo.

Sin más que informar suscribo este documento no vinculante para los fines legales pertinentes.

Ing. Gisela Latorre Castro.

REVISOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.

Certificado de autoría

Los autores: Macías Intriago María Lisbeth y Zambrano Pincay Brayan Orley, egresados de la Facultad de Ciencias Matemáticas Físicas y Químicas de la Universidad Técnica de Manabí.

DECLARAMOS QUE:

Los resultados pensamientos, ideas, opiniones, interpretaciones, conclusiones y recomendaciones, así como la información obtenida en este trabajo de investigación, titulado: ***“EVALUACIÓN QUÍMICA-AMBIENTAL DEL EFLUENTE DE LA LAGUNA DE MADURACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE PORTOVIEJO MEDIANTE ENSAYOS ECOTOXICOLÓGICOS”***, son responsabilidad y pertenecen exclusivamente a los autores de la tesis.

Macías Intriago María Lisbeth

AUTOR DE TESIS

Zambrano Pincay Brayan Orley

AUTOR DE TESIS

Resumen

El presente proyecto de Tesis elaborado bajo la modalidad investigativa está enfocado a una evaluación química – ambiental del efluente de descarga de la laguna de maduración de la planta de tratamiento de aguas residuales de Portoviejo, donde se caracterizó el agua del efluente obteniendo resultados que después fueron analizados bajo el libro IV anexo 1 de la norma ecuatoriana de calidad ambiental y de Descarga de efluentes: recurso agua, a su vez se determinó el impacto de este efluente aplicando ensayos ecotoxicológicos con el modelo biológico (*Poecilla Reticulata*).

Los modelos biológicos han sido sometidos a los ensayos con la muestra del efluente de la laguna de maduración de la planta de tratamiento de aguas residuales de Portoviejo, manteniéndolos en un periodo de adaptación a condiciones que simulan su habitat natural, esto es a temperatura ambiente, pH neutro ligeramente alcalino, luz adecuada y alimentación normal.

Para comprobar que los modelos biológicos no se morirían al contacto con el efluente contaminado se tomó un grupo pequeño de los modelos biológicos manteniéndolos en observación durante un periodo de tiempo de 24 horas con el agua de la muestra.

Se procedió a aplicar los ensayos, realizando tres replicas con cinco concentraciones diferentes, observando los cambios de los modelos biológicos durante un periodo de 4 días, anotando los cambios y reacciones cada 24 horas.

Al obtener los resultados se realizó un análisis estadístico por el método Probit con 2 programas diferentes para confirmar el correcto uso de este método, con los cuales se obtuvieron los valores de pendiente e intercepto, los valores describen la ecuación de mejor ajuste para los datos evaluados, dando como resultado la $y = 3,15 + 1,12x$ siendo este resultado una correlación positiva entre los datos evaluados donde se determina que la mortalidad de los modelos biológicos aumenta, directamente proporcional a las concentraciones de CL50 del efluente.

La concentración letal 50 (CL50) queda establecida de acuerdo a los datos provenientes del análisis en el valor referencial al log de la dosis de 1,656. El

cual al ser llevado a un valor porcentual, en base al diseño del estudio, representa el 45,286 % de la dosis, siendo una concentración que representa un riesgo potencial que puede llegar a causar impacto en sobre el modelo biológico lo cual también describe que aunque se reduzca el nivel de concentración del agua hasta el 45,286%, sigue siendo un valor de CL50 que genera mortalidad.

Los resultados expresan que se deben realizar análisis más extensos donde se puedan identificar otros factores de incidencia, tomando muestras del efluente en otro espacio de tiempo y así determinar cuál es el cambio que ocurriría en el ensayo. Se puede seguir con la investigación a otros niveles existentes en química ambiental y ecotoxicología, utilizando otros modelos biológicos para obtener resultados más profundos.

Summary

This thesis project developed under the research mode is focused on a chemical assessment - environmental effluent discharge gap maturity of the treatment plant wastewater Portoviejo, where water effluent was characterized obtaining results that were later He analyzed under book IV Annex 1 to the Ecuadorian standard of environmental quality and effluent discharge: water resources, in turn the impact of applying effluent ecotoxicological tests with the biological model (*Poecilla reticulata*) was determined.

Biological models have undergone testing sample effluent lagoon maturation treatment plant wastewater Portoviejo, keeping them in a period of adaptation to conditions simulating their natural habitat, it is at room temperature, neutral slightly alkaline pH, adequate light and normal diet.

To verify the biological models would not die on contact with the contaminated effluent a small group of biological models keeping them under observation for a period of 24 hours with the water sample was taken.

He proceeded to apply the tests, making three replicates with five different concentrations, observing the changes of biological models for a period of four days, noting the changes and reactions every 24 hours.

To get the results a statistical analysis by the Probit method with 2 different programs are performed to confirm the proper use of this method, with which the values of slope and intercept were obtained, the values describe the equation of best fit for the data evaluated, resulting in $y = 3.15 + 1,12x$ this result was a positive correlation between the evaluated data where it is determined that mortality of biological models increases directly proportional to the concentrations of the effluent LC50.

The lethal concentration 50 (LC50) is established according to the data from the analysis of the reference value to log dose of 1,656. Which when taken to a percentage value, based on the study design, representing 45.286% of the dose, with a concentration which represents a potential irrigation can cause impact on the biological model which also discloses that although the level of

concentration of the water is reduced to 45.286%, it remains a LC50 value generated mortality.

The results show to perform more extensive analysis where they can identify other factors impact, taking samples of the effluent in another time and space and determine the changes that occur in the test. You can continue with research to existing levels in environmental chemistry and ecotoxicology, using other biological models for deeper results.

Índice de contenido

Dedicatoria	I
Agradecimiento	III
Certificado del tutor de tesis	IV
Informe del trabajo de Titulación	V
Certificado de autoría	VI
Resumen	VII
Summary	IX
Índice de contenido	XI
Índice de tabla	XV
Índice de Gráficos	XVII
1. Tema	18
2. Planteamiento del problema	19
2.1 Identificación del problema.	19
2.2 Formulación del problema.	19
2.3 Delimitación del problema	19
3. Desarrollo de la literatura y marco teórico	20
3.1 Antecedentes	20
3.2 Justificación	22
3.3 Marco teórico	23
3.3.1 Ecotoxicología	23
3.3.1.1 Tipos de Efectos Ecotoxicológicos que Pueden Medirse	24
3.3.1.2 Bioacumulación	25
3.3.1.3 Biomagnificación.	26
3.3.1.4 Bioensayo.	26
3.3.1.5 Poecilia Reticulata	27

3.3.1.6 Tóxico	37
3.3.1.7 Concentración Letal 50 (Cl50)	40
3.3.2 Polución de los ecosistemas	40
3.3.2.1 Aguas residuales urbanas	41
3.3.2.2 Origen de las aguas residuales urbanas.	42
3.3.2.3 Métodos de Tratamiento de las Aguas Residuales	44
3.3.2.4 Lagunas de oxidación	45
3.3.3 Introducción del sistema de tratamiento de aguas residuales de las lagunas de Portoviejo.	47
3.3.3.1 Lagunas de Estabilización.	47
3.3.3.2 Lagunas Aireadas.	48
3.3.3.3 Lagunas Facultativas.	49
3.3.3.4 Lagunas De Maduración.	49
3.3.3.5 Dimensiones de las Lagunas.	50
3.3.4 Métodos analíticos para aguas residuales.	52
3.3.4.1 Determinación de pH	52
3.3.4.2 Determinación de la Conductividad	53
3.3.4.3 Sólidos Totales en Suspensión	54
3.3.4.4 Sólidos Sedimentables	55
3.3.4.5 Demanda Química de Oxígeno en aguas residuales (DQO)	55
3.3.4.6 Demanda Biológica de Oxígeno en aguas residuales (DBO ₅)	59
3.3.4.7 Nitrógeno Total	62
3.3.4.8 Nitrógeno Nítrico	63
3.3.4.9 Nitrógeno amoniacal	65
3.3.4.10 Fósforo Total	66
3.3.4.11 Análisis Microbiológico	69
3.3.5 Método OECD 423 para peces	71
3.3.5.1 Principio de la Prueba	71
3.3.5.2 Información sobre la sustancia de Ensayo	71
3.3.5.3 Descripción del Método	72
3.3.5.4 Procedimiento	74
3.3.5.5 Datos e Informes	75

4. Visualización del alcance del estudio	77
5. Elaboración de hipótesis y definición de variables	78
5.1 Hipótesis	78
5.2 Variables y su Operacionalización	78
5.2.1 Variable independiente	78
5.2.1.1 Operacionalización.	78
5.2.2 Variable dependiente	79
5.2.2.1 Operacionalización	79
6. Desarrollo del Diseño de Investigación	80
6.1 Objetivos	80
6.1.1 Objetivo general	80
6.1.2 Objetivos específicos	80
6.2 Campo de Acción	80
7. Definición y selección de la muestra	81
7.1 Preparación del agua control y del agua de muestreo	81
7.1.1 Muestra	82
7.1.2 Muestreo	82
7.2 Diseño metodológico	82
7.2.1 Métodos	83
7.3 Análisis estadístico del ensayo	83
7.4 Materiales y recursos	84
8. Recolección de datos	85
8.1 Descripción del ensayo	85
8.1.1 Caracterización de la muestra.	85
8.1.2 Método OECD 423 Para Peces	86
9. Análisis de los datos	88
9.1 Caracterización del agua de descarga de la laguna de maduración de la PTAR	90

9.2	Análisis de los parámetros caracterizados en la descarga de la PTAR	90
9.3	Análisis de resultado mediante softwares estadísticos	93
9.3.1	Método Probit mediante el software Microsoft Excel	93
9.3.2	Método Probit por medio del software statgraphics.	97
9.3.3	Análisis de la variabilidad bajo el método del Anova	98
9.4	Determinación de efectos letales y subletales	99
10.	Elaboración del reporte de resultados	101
10.1	Discusión	101
10.2	Conclusiones	101
10.3	Recomendaciones	103
11.	Presupuesto	104
12.	Cronograma de actividades	105
13.	Bibliografía	106
14.	Anexos	110

Índice de tabla

Tabla 1. Clasificación del pez Guppy.....	27
Tabla 2. Composición media de la orina.....	43
Tabla 3. Composición media de la orina (continuación).....	43
Tabla 4. Cajón de llegada.....	50
Tabla 5. Pantalla Tranquilizadora.....	50
Tabla 6. Vertedero Rectangular.....	50
Tabla 7. Lagunas Aireadas.....	51
Tabla 8. Laguna Facultativa.....	51
Tabla 9. Laguna de Maduración.....	51
Tabla 10. Determinación del pH.....	52
Tabla 11. Determinación de la Conductividad.....	53
Tabla 12. Solidos totales en suspensión.....	54
Tabla 13. Solidos sedimentables.....	55
Tabla 14. Demanda química de oxígeno en aguas residuales.....	55
Tabla 15. Demanda biológica de oxígeno en aguas residuales.....	59
Tabla 16. Nitrógeno Total.....	62
Tabla 17. Nitrógeno Nítrico.....	63
Tabla 18. Nitrógeno amoniacal.....	65
Tabla 19. Fosforo total.....	66
Tabla 20. Análisis microbiológicos.....	69
Tabla 21. Resultados de los análisis del mes de junio del 2015 al agua de descarga del efluente de la laguna de maduración de la Planta de tratamiento de aguas residuales de Portoviejo.....	89

Tabla 22. Resultados de los análisis al agua de descarga del efluente de la laguna de maduración de la planta de tratamiento de aguas residuales de Portoviejo, del día 29 de junio del 2015.....	91
Tabla 23. Resultados de la exposición de los modelos biológicos a diferentes concentraciones.....	93
Tabla 24. Resultados del número Probit.....	94
Tabla 25. Resultado de la regresión lineal.....	95
Tabla 26. Resultado de la pendiente y el intercepto.....	96
Tabla 27. Dosis letal 50.....	97
Tabla 28. Coeficientes del Probit y log de la dosis.....	97
Tabla 29. Análisis de Varianza.....	98
Tabla 30. Efectos subletales del modelo biológico.....	99

Índice de Gráficos

Gráfico 1. Guppy salvaje.....	31
Gráfico 2. Guppy de cola redonda.....	31
Gráfico 3. Guppy de cola puntiaguda.....	32
Gráfico 4. Guppy de cola de espalda superior (a).	32
Gráfico 5. Guppy de cola de espalda superior (b).	33
Gráfico 6. Guppy de cola de espalda superior (c).	33
Gráfico 7. Guppy de cola de espalda inferior.....	34
Gráfico 8. Guppy de doble cola de espalda.	34
Gráfico 9. Guppy de cola de abanico alargada.....	35
Gráfico 10. Guppy de cola de abanico (a).....	35
Gráfico 11. Guppy de cola de abanico (b).....	36
Gráfico 12. Guppy de cola de abanico (c).....	36
Gráfico 13. Análisis de laboratorio	88
Gráfico 14. Modelos biológicos muertos	94
Gráfico 15. Regresión lineal del modelo biológico durante el ensayo.....	95
Gráfico 16. Regresión lineal ajustada.....	98
Gráfico 17. Efectos subletales	100

1. Tema

Evaluación Química-Ambiental del efluente de la laguna de maduración de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Portoviejo mediante ensayos Ecotoxicológicos.

2. Planteamiento del problema

2.1 Identificación del problema.

Los xenobióticos provenientes de sistemas de tratamiento de aguas, generan interacciones complejas entre los organismos y los mecanismos de acción para su desarrollo. Dichas interacciones son susceptibles a cambios por parte del ecosistema, volviéndose su equilibrio la principal preocupación en las actuales investigaciones propuestas en la química-ambiental.

La cuantificación y cualificación de los factores relacionados con la química-ambiental del agua, generan rangos límites que no demuestran el real impacto de los xenobióticos a los ecosistemas. Estos impactos deben ser descritos y evaluados mediante modelos biológicos correspondientes con el medio en cuestión, de tal manera que puedan aportar datos para evaluaciones futuras.

2.2 Formulación del problema.

La utilización de los efluentes provenientes de la laguna de maduración de la planta de tratamiento de aguas residuales de Portoviejo para riego en la agricultura, que se encuentra aledaños a la tubería de descarga genera un riesgo de potenciales impactos al ecosistema y la comunidad. Por tal motivo es necesario evaluar la toxicidad en modelos biológicos, los cuales servirán para evidenciar posibles efectos de bioacumulación y una magnificación de los xenobióticos en estudio.

2.3 Delimitación del problema

Para evidenciar posibles efectos de bioacumulación y una magnificación de xenobióticos, se realizará una Evaluación Química-Ambiental del efluente de la laguna de maduración de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Portoviejo mediante ensayos Ecotoxicológicos desde febrero 2015 hasta agosto del 2015.

3. Desarrollo de la literatura y marco teórico

3.1 Antecedentes

Las lagunas oxidación son utilizadas para el tratamiento de las aguas residuales que se generan en poblaciones como base de los mecanismos de recuperación y tratamiento del agua, en estas lagunas se desarrollan poblaciones microbianas entre los cuales encontramos algas y bacterias que degradan la materia orgánica y así limpian las aguas.

La planta de tratamiento de aguas residuales de Portoviejo comenzó a funcionar hace aproximadamente 40 años, este sistema fue creado por la antigua CRM (Corporación Reguladora del Manejo Hídrico de Manabí), inicio operaciones con una laguna piloto, una laguna facultativa y una laguna de maduración de forma anaeróbica, en el año 1997 se había contratado el plan maestro de alcantarillado. Desde el año 2000 se cambió el diseño y el tratamiento de anaeróbico a aeróbico el cual cuenta con 2 lagunas aireadas, una facultativa y una de maduración. (Boris Arnaldo Mera Macias 2015).

Existen varias investigaciones que manifiestan haber realizado evaluaciones Ecotoxicológicas de ecosistemas contaminados, siendo los principales medios afectados, el suelo, el agua y el aire. En La Universidad Complutense de Madrid se realizó una investigación donde se valoró ecotoxicológicamente la contaminación de origen agrario, incorporando bioensayos en los protocolos de evaluación del riesgo ambiental. Primero se valida la utilización de ensayos de toxicidad en estudios de campo con productos fitosanitarios aplicados en arrozales. La comparación de resultados de laboratorio y resultados obtenidos por una valoración ex situ de la toxicidad de muestras de arrozal confirma la validez de dicha herramienta para la valoración de efectos ecotoxicológicos en los estudios de campo. Después se valoran los efectos del PCP en un sistema agua-sedimento sobre *Daphnia magna* y *Chironomus prasinus*. Los resultados permiten desarrollar un protocolo de ensayo en el que en un tiempo similar al del ensayo de reproducción de *D. magna* pueden valorarse efectos simultáneamente sobre la reproducción de *D.*

magna y *C. prasinus* por exposición a través de agua y/o sedimento. Asimismo se desarrolla un ensayo con tres especies (*Daphnia magna*, *Chironomus prasinus* y *Lymnaea peregra*) con distintas estrategias de reproducción (partenogénesis, sexual y hermafroditismo) confirmándose la capacidad de dicho ensayo para valorar efectos en varias generaciones de *Daphnia magna*, en dos generaciones de *Chironomus prasinus* y reproducción en *Lymnaea peregra*. Se establece un protocolo final que incluye condiciones de ensayo, estados y parámetros ecotoxicológicos. Finalmente en se desarrolla un modelo conceptual y escenarios para la evaluación de productos fitosanitarios aplicados en arrozales, proponiéndose un esquema de tres fases: una fase preliminar y dos de alto nivel. La fase intermedia incluye una valoración ecotoxicológica ex situ con muestras procedentes de un estudio de campo. (Paloma Sánchez Argüello 2002)

En Ecuador en el año 2014 la Dra. Química Farm Rosalina Valentina Moscoso Calle evaluó las concentraciones de aluminio residual en el efluente que desemboca en el río Tomebamba, el cual es proveniente de la planta potabilizadora de agua el cebollar en Cuenca utilizando bioensayos ecotoxicológicos para definir la toxicidad en el medio ambiente. Estas concentraciones de aluminio se determinaron mediante ensayos espectrofotométricos. Las muestras fueron tomadas arriba y arriba del río Tomebamba, así mismo se tomaron muestras en la descarga del efluente antes de que este tuviera contacto con el agua del río. Ella realizó bioensayos en modelos ecotoxicológicos donde utilizó especies aprobadas por los protocolos de la OECD (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico) tales como *Poecilia reticulata*, *Daphnia magna*, *Lactuca sativa*, entre otros, y así se obtuvo como resultado concentraciones de aluminio en todas las muestras antes mencionadas y también determino la toxicidad ambiental en los modelos Ecotoxicológicos que utilizo, en los mismos que calculó los índices CL50 (Concentración letal 50), CI50 (Concentración inhibidora 50), UT (Unidades de toxicidad) e ICOTOX (Índice de contaminación toxicológico). Con este ensayo obtuvo altos picos de toxicidad generado por el efluente sobre el río Tomebamba sin importar que era época de lluvia y por lo cual se asume existe una gran capacidad de disolución del contaminante y en épocas secas se concentra más,

además no existe un control sobre los efectos que genera el aluminio y los efectos que genera en el río. (Dra. Quim. Farm. Rosalína Valentina Moscoso Calle 2014)

En otras investigaciones Ecotoxicológicas, realizadas en el laboratorio de Ecotoxicología de la carrera de Ingeniería Química de la Universidad Técnica de Manabí, tenemos: Determinación del Dicromato de Potasio como Patrón en Ensayos Ecotoxicológicos sobre *Artemia Salina* en el año 2013, esta investigación fue posible realizarla gracias a que desde este mismo año existe un Laboratorio de Ecotoxicología con adecuación física completa en la carrera de Ingeniería Química de la Universidad Técnica de Manabí, para realizar los análisis correspondientes, además existe una investigación complementaria en el 2014 donde se realizó un Sistema Integrado de Bioseguridad en dicho Laboratorio. La presente investigación es parte de un grupo de proyectos que buscan determinar nuevos mecanismos de evaluaciones a sistemas contaminados o de tratamiento, innovando la metodología para precisar el análisis y las evaluaciones químico – ambientales.

3.2 Justificación

A nivel mundial se está volviendo imprescindible para los países determinar las afecciones de agentes tóxicos en ecosistemas en los cuales el ser humano mantenga un contacto directo pues puede ser muy peligroso para la vida de la población.

En la legislación ambiental vigente ecuatoriana no se establece a la ecotoxicología como una de las herramientas para la determinación de contaminantes, sin embargo otras legislaciones de países vecinos y estados internacionales si la utilizan.

En Portoviejo el tratamiento de las aguas residuales se está volviendo cada vez una tarea más ardua debido al aumento de la población y esto genera más residuales no solo de materia orgánica sino también compuestos químicos pues las personas utilizan sustancias químicas dentro de su diario vivir.

La planta de tratamiento de aguas residuales de Portoviejo cuenta con un flujo de entrada de 330 lts/s. y un flujo de salida 300 lts/s aproximadamente que

es un flujo considerablemente alto. (Diego Gerardo Alvarez Mendoza 2015). El efluente proveniente de la laguna de maduración de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales es utilizado para riego de sembríos aledaños antes de ser descargada al río Portoviejo después de su proceso de purificación.

No existe evidencia en la literatura que manifieste, que el efluente de salida de la laguna de maduración de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Portoviejo haya sido evaluado bajo modelos ecotoxicológicos y esto faculta la realización de un análisis para este efluente y poder determinar las posibles alteraciones en el ecosistema que se pueden reflejar en la población. Es por esto, que es necesario realizar una evaluación Química-Ambiental del efluente de la laguna de maduración para así determinar las posibles afectaciones que generen estas aguas al ecosistema.

3.3 Marco teórico

3.3.1 Ecotoxicología

Existen dos efectos ecotoxicológicos relevantes que son:

- La toxicidad directa sobre los organismos, así como también,
- Las alteraciones del medio ambiente en el cual viven los organismos.

Los cuales son determinados por la ciencia que estudia los efectos de las sustancias tóxicas sobre los organismos individuales, la misma que fue definida en 1969 por Truhaut como ecotoxicología.

La ecotoxicología es una disciplina de las ciencias ambientales que estudia el efectos que causan un agentes toxico o nocivo sobre los ecosistemas, las alteraciones ambientales producidas pueden ser evaluadas y cuantificadas mediante respuestas que se observan a través de los bioensayos o pruebas de toxicidad. (Guadalupe Sánchez Rias y Giovana Vera Diego 2001).

Por medio de análisis de las rutas de exposición, la entrada al organismo y efectos nocivos en individuos, poblaciones y comunidades la ecotoxicología normalmente se encarga de realizar un estudio de los efectos adversos que causan las sustancias a un determinado ecosistema.

Larrain en 1995 explica que el campo de la ecotoxicología comprende el ciclo completo de contaminación, incluyendo el estudio de las fuentes de emisiones de los contaminantes, su naturaleza, así como el seguimiento de las transformaciones ambientales por sustancias introducidas y a la vez se ocupa de la bioacumulación en los tejidos de los organismos.

La importancia de la ecotoxicología es estudiar los efectos que ocurren sobre poblaciones y no sobre un individuo en específico, la ecotoxicología no se interesa en estudiar si algún contaminante mata a la mitad de una población sino como este contaminante retarda y afecta el modo de vida de esta población y su ecosistema en general.

En conclusión la ecotoxicología es la ciencia que se dedica al estudio de las afectaciones que ocurren en cada individuo que conforma una población y a su vez determinar las alteraciones letales y subletales sobre las poblaciones y las comunidades. (INECC 2009)

3.3.1.1 Tipos de Efectos Ecotoxicológicos que Pueden Medirse

Dentro de la ecotoxicología se necesita realizar monitoreos ambientales y biológicos que son dos herramientas muy importantes y determinantes a la hora de investigar las causas y efectos que envuelven una población. (INECC 2009)

El monitoreo ambiental consiste en recopilar datos precisos de las afectaciones que ocurren en el medio ambiente esto incluye al agua, suelo, aire y sedimentos, también estudia las formas en la cual los compuestos y sustancias contaminantes pueden llegar a destruir gran parte de los ecosistemas, todo esto basado en métodos de análisis realizados en laboratorios estandarizados

Por otro lado el monitoreo biológico, es el que consiste en determinar y evaluar los efectos causados por compuestos y sustancias contaminantes en cada uno de individuos, poblaciones, comunidades y ecosistemas en los cuales estos agentes contaminantes han estado presentes. Para determinar estos efectos se necesita recurrir a pruebas de campo y pruebas de laboratorio (INECC 2009)

Las pruebas de laboratorio consisten en mantener expuestos a un grupo de individuos de algún ecosistema en específico o grupo de organismos celulares como son enzimas, células, etc., a una sustancia contaminante observando los

efectos que provoque a los modelos biológicos, donde normalmente se obtendrán datos de muertes o efectos letales y subletales dependiendo de la dosis aplicada. (INECC 2009)

El Estudios de campo de dedican a comprender los efectos que ocurren debido a contaminantes que actúan sobre la cadena trófica en organismos y poblaciones que conforman el ecosistema. Se deben tomar en cuenta los cambios climáticos, y parámetros de análisis del ecosistema como por ejemplo de pH, conductividad, color, entre otros. En los individuos el estudio de campo se encarga de evaluar las afecciones que ocurren e influyen en el desenvolvimiento del diario vivir de cada organismo, estos efectos pueden ser a corto plazo como enfermedades, incrustaciones de agentes desconocidos en la piel o a largo plazo como la muerte, en muchos casos los individuos afectados por sustancias contaminantes tienen una vida larga pero pierden la capacidad de reproducción, la capacidad de equilibrio, y la capacidad de ver y esto hace que cambie su forma de vida. (INECC 2009)

3.3.1.2 Bioacumulación

La bioacumulación es un procedimiento donde se adhieren sustancias a la piel o dentro de los organismos vivos que se acumulan a través del tiempo y donde eliminarlas resulta una tarea compleja ya que se disuelven en parte de los órganos y las grasas causando enfermedades a largo plazo. Gran cantidad de estas sustancias contaminantes son utilizadas en las labores y actividades diarias del hombre como en la fumigación contra plagas, el océano arrastra estas sustancias de una manera tan sorprendente se han llegado a detectar gran cantidad de animales que presentan bioacumulación de estas sustancias en la Antártida (vairoleta 2010)

Los plaguicidas, al atacar de forma indiscriminada a otros organismos causan mal formaciones congénitas, problemas de reproducción logrando romper la estabilidad del medio ambiente, también pueden causar en nosotros cuadros respiratorios severos y estos son causados generalmente por los hidrocarburos. A pesar de que las consecuencias son alarmantes aun así estas sustancias tienen puntos a favor, es decir, que tienen características que hacen válido su uso ya que

son capaces de eliminar muchas enfermedades como la malaria, que mata a miles de personas al año. (vaiioleta 2010)

También ayudan a salvar muchas plantas de insectos que las dañan y se alimentan de ellas, pero a la vez estos mismos pesticidas las pueden dañar con sus sustancias tóxicas.

La única manera de deshacerse de estas sustancias es diluirlas, pero la mayoría de estas sustancias son insolubles en agua y muy solubles en grasas, y se tratara de diluir en el mar no sería posible porque en el mar hay un muy bajo nivel de grasas haciendo imposible su dilución.

Se podría decir que los humanos son los más beneficiados por los componentes bioacumulables, ya que nos ayuda a eliminar las plagas que afectan nuestros alimentos, pero a pesar de esto si tenemos una muy alta cantidad de estas sustancias en nuestro organismo podría causarnos enfermedades e incluso la muerte. Las sustancias como insecticidas y pesticidas se encuentran en casi todas las casas, para prevenir plagas, pero en un futuro probablemente estaremos cada vez más expuestos a los insecticidas, ya que gracias al calentamiento global las plagas de insectos se esparcirán por todo el mundo logrando que se aumente aún más su uso indiscriminado y el ecosistema estará cada vez más dañado. (vaiioleta 2010)

3.3.1.3 Biomagnificación.

Cuando se produce una bioacumulación de sustancias tóxicas en el medio, se habla de biomagnificación. Estudiando las poblaciones del ecosistema afectado, se observa que a medida que se asciende en las diferentes cadenas tróficas, la concentración del tóxico es mayor. (Caspé 2011)

3.3.1.4 Bioensayo.

Nos referíamos como bioensayo a los experimentos donde se utilizan modelos biológicos que fueron escogidos cuidadosamente ya sean animales o vegetales, y son sometidos al contacto directo con agentes tóxicos o ambientes contaminados para evaluar cuantitativamente y cualitativamente los efectos causados por los mismos. (Universidad de Barcelona s.f.)

Dependiendo del bioensayo que se necesite aplicar se utilizaran varias dosis en los modelos biológicos, y estos reaccionarán de diversas formas en cada concentración expuesta, entre estas respuestas tenemos: ordinaria, discreta cuantitativa, dicotómica, cuantitativa continúa. (Universidad de Barcelona s.f.)

3.3.1.5 Poecilia Reticulata

El guppy (*Poecilia reticulata*) son peces que habitan en ríos, lagos y cualquier brote de agua dulce que preste las condiciones necesarias para su vida, normalmente se los encuentra en zonas húmedas, son animales ovovivíparos, son muy utilizados como mascotas ya que no existe problema en su cuidado y porque tiene una gran capacidad de reproducirse, son originarios de la parte central de américa. También ayuda a combatir la fácil reproducción de los mosquitos. (AcuarioAdictos 2012)

El nombre “guppy” que se ha dado a este pez proviene de John Lechmere Guppy que en 1866 fue quien le asigno el nombre “*Girardinus Guppy*”, no obstante años antes de este hecho el pez Guppy ya había sido visto por Peters un zoólogo alemán el cual le dio el nombre de “*Poecilia reticulata*” en 1859, y en 1863 el italiano De Filippi lo había nombrado también como “*Lebiste poeciloides*”. (vivapets 2015)

- **Clasificación:**

Tabla 1. Clasificación del pez Guppy

Superclase:	Pisces
Clase:	Osteichthyes
Orden:	Cyprinodontiformes
Suborden:	Microcyprini
Familia:	Poeciliidae
Subfamilia:	Poeciliinae
Género: <i>Poecilia</i>	(Bloch y Schneider, 1801)
Especie:	<i>Poecilia reticulata</i> (Peters, 1859)

Fuente: (amigos acuaristas 2012)

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

Los Guppy machos son más pequeños que la hembras llegando a medir entre 3 a 6 cm de longitud, mientras que las hembras suelen medir entre 6 a 8 cm de largo, los peces guppy más comunes son escasos de colores vivos, y en su lugar tienen un color gris tendiendo a oscuro, pero para comercializar de mejor manera estos peces se han reproducido peces guppy de múltiples colores que son más llamativos. (vivapets 2015)

Es uno de los peces más fáciles de distinguir su sexo. El macho tiene una cola muy colorida, es un poco más pequeño y tiene un gonopodio, la aleta anal modificada en un órgano copulador llamado gonopodio. (vivapets 2015)

Las condiciones óptimas de temperatura para criar a los peces guppy son a los 25°C, aunque se los puede mantener en un rango de 22°C a 28°C, en conclusión son animales de agua caliente. (Camila Velasquez 2012)

El pH óptimo para la crianza de los peces guppy tiende a ser en un medio poco alcalino cercano a 7,5, pero no debería ser inferior a 6,5 ni superior a 8, la dureza del agua debe de mantenerse entre 100 a 200 mg/l, sin embargo pueden vivir en una dureza de 300mg/l. (Camila Velasquez 2012)

La cantidad de peces que podemos mantener en un acuario depende de muchos factores, pero se recomienda no superar la cantidad de 1 guppy por cada 5 litros. Teniendo en cuenta además que el acuario tiene que tener un mínimo de 40 litros ya que son peces muy inquietos que necesitan un mínimo espacio para nadar. En los acuarios se mantiene a los Guppys con aparatos de oxigenación y filtros para mejorar las condiciones de vida de los peces ya que al estar en peceras no existe una oxigenación natural y el promedio de vida disminuye considerablemente. (Camila Velasquez 2012)

Para conservar un ambiente estable para los peces se debe mantener la calidad del agua siempre constante, es decir que el agua que se cambia debe ser igual en dureza y pH.

Los guppys machos son muy activos en cuanto a la reproducción, es por esto que es necesario mantener una cantidad mayor de hembras que de machos en una pecera por lo menos 3 hembras por cada macho, se debe también mantener espacios donde los recién nacidos puedan esconderse de los peces adultos ya que estos estarán prestos a comérselos. Los guppys al ser una especie

tranquila y pacífica se los puede mantener en una pecera con otros peces pacíficos con requerimientos similares. (vivapets 2015)

- **Alimentación**

El pez guppy al ser un animal omnívoro tiene la facilidad de digerir fácilmente cualquier clase de alimento, tanto alimento vegetal como animal. En los acuarios el alimento que se les proporciona a los peces está basado en vitaminas ácidos grasos y sustancias que nutren al pez, el alimento para que no pierda estas propiedades y no se degrade debe mantener un buen cuidado alejado de humedad, en un lugar fresco sin presencia de luz. (amigos acuaristas 2012)

Una dieta variada entre larvas mosquitos y escamas harán que los peces guppy crezcan más fuertes y sanos con colores más vivos y se notara en la movilidad y rapidez que tengan al nadar, es recomendable suministrarles poca comida pero es importante dárselas entre 3 a 4 veces diarias. A los guppy más pequeños se recomienda alimentarlos con artemias pues son una fuente de vitamina muy importante que les permitirá un crecimiento óptimo. (vivapets 2015)

- **Reproducción**

Como se mencionó antes los guppys son peces de fácil reproducción, luego de que el pez macho realice un baile típico a la hembra pasándole de este modo los espermatozoides o paquete de espermias que es lo mismo y que a su vez la hembra puede utilizar para más de un parto, entonces ésta iniciara el estado de gestación el cual dura un promedio de entre cuatro a seis semanas. Estos peces incuban los huevos fertilizados en su interior pero sin que se lleguen a formar embriones por lo cual se los denomina ovovivíparos lo que a su vez les permite pasar alimento de las madres a las crías. Así, una vez llega el momento del parto los nuevos peces nacen autosuficientes. (vivapets 2015)

La cantidad de alevines (recién nacidos) que puede parir la hembra dependerá de varios factores tales como la edad el tamaño y las condiciones en que se encuentre la hembra, esta cantidad puede variar desde unos pocos y más de cien y esto es genéticamente controlado pero dicho anteriormente depende de ciertos factores, puede parir de entre treinta y sesenta alevines en su auge reproductivo. (vivapets 2015)

Si se tiene el control necesario el pez en estado de gestación debe ser separado del resto de peces del acuario antes que se inicie el proceso de parto sobre todo si deseamos que sobreviva la mayoría de alevines, porque al nacer estos son diminutos y se vuelven presa fácil del resto de peces del acuario incluso de la madre por lo cual finalizado el proceso de parto debe ser separada también, de no seguir este proceso es conveniente que en el acuario hallan escondites para los recién nacidos puedan refugiarse de lo contrario no sobrevivirán.

Los recién nacidos se pueden alimentar con escamas trituradas, nauplios de artemia y todo alimento vivo que quepa en su diminuta boca. (vivapets 2015)

Los peces guppys consiguen ser sexualmente maduros pudiendo reproducirse a una edad de 3-4 meses de vida. (amigos acuaristas 2012)

Cuando los guppys están recién nacidos la vejiga natatoria no se halla aun llena de aire, de ahí que tiendan a hundirse hacia el fondo. Para esto no necesitan nadar hacia la superficie del agua y tomar aire para llenar su vejiga – esto se consigue por medio del aire que reciben a través del torrente sanguíneo. (amigos acuaristas 2012)

- **Compatibilidad**

Los Guppy pueden ser compatibles con la gran mayoría de peces de acuario en general, pero hay que evitar juntarlos con el Betta (Luchador siames) o el Escalar, este último morderá la cola del guppy e incluso intentara comérselo. (vivapets 2015)

- **Variedades:**

Guppy salvaje: Es un tipo de pez, el cual posee diversos colores más discretos que los ejemplos de selección (en la imagen podemos observar un guppy con origen de Barbados). (amigos acuaristas 2012)

Gráfico 1. Guppy salvaje.



Fuente: (amigos acuaristas 2012)

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

Guppy de cola redonda: en este caso como se puede observar en el gráfico a un pez de una variedad rara ya que la aleta caudal es redondeada, el diámetro de la misma conforma la mitad del cuerpo del guppy. (amigos acuaristas 2012)

Gráfico 2. Guppy de cola redonda.

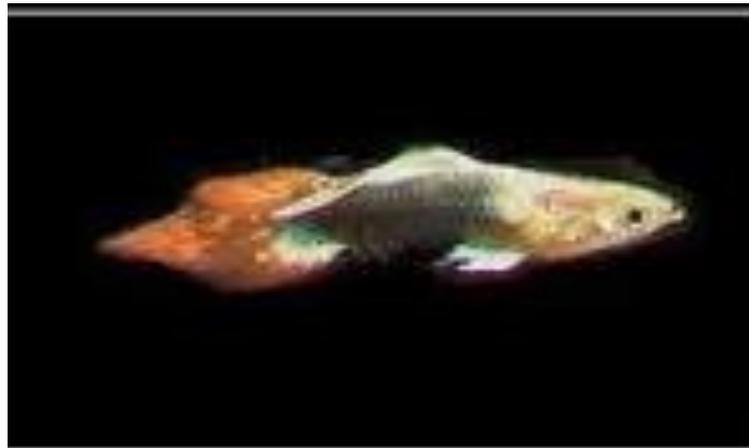


Fuente: (amigos acuaristas 2012)

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

Guppy de cola puntiaguda: Se puede observar un tipo de un pez, el cual su aleta caudal termina en punta, por lo que se convierte en una variedad muy seleccionada. (amigos acuaristas 2012)

Gráfico 3. Guppy de cola puntiaguda.



Fuente: (amigos acuaristas 2012)

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

Guppy de cola de espada superior (a): Se puede observar en el gráfico un pez de variedad con característica peculiar en el cual la aleta tiene una forma redonda, con un desarrollo longitudinal de sus radios superiores. (amigos acuaristas 2012)

Gráfico 4. Guppy de cola de espada superior (a).



Fuente: (amigos acuaristas 2012)

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

Guppy de cola de espada superior (b): Este es un pez en el cual la aleta dorsal se extiende hasta el primer tercio de la aleta caudal en algunos casos como el guppy del gráfico. (amigos acuaristas 2012)

Gráfico 5. Guppy de cola de espalda superior (b).



Fuente: (amigos acuaristas 2012)

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

Guppy de cola de espada superior (c): Este es un tipo de pez con variedad de selección que se ha extendido en los últimos años, se caracteriza por su cola, ya que la parte superior de ésta es más larga y fina que la parte inferior. (amigos acuaristas 2012)

Gráfico 6. Guppy de cola de espalda superior (c).



Fuente: (amigos acuaristas 2012)

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

Guppy de cola de espada inferior: Se puede observar en el gráfico a un pez en el cual la aleta caudal es de forma ovalada, se alarga en su parte inferior inclinándose hacia abajo en un ángulo de 15° lo que lo hace una variedad de gran belleza estética. (amigos acuaristas 2012)

Gráfico 7. Guppy de cola de espalda inferior.



Fuente: (amigos acuaristas 2012)

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

Guppy de doble cola de espada: Como podemos observar en el gráfico este pez tiene la cola dividida en dos espadas terminando en punta, lo que lo hace muy llamativo y solicitado por las personas aficionadas. (amigos acuaristas 2012)

Gráfico 8. Guppy de doble cola de espada.



Fuente: (amigos acuaristas 2012)

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

Guppy de cola de abanico alargada: Esta variedad de pez guppy que se observa en el gráfico tiene la cola llamativa que se abre como un abanico estilizado, semejante a la cola de abanico normal lo cual lo hace muy llamativo sobre todo por los múltiples colores en ella. (amigos acuaristas 2012)

Gráfico 9. Guppy de cola de abanico alargada.



Fuente: (amigos acuaristas 2012)

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

Guppy de cola de abanico (a): como se puede observar en el gráfico La aleta caudal de este guppy tiene una forma triangular, lo cual le da un aspecto de mariposa cuando se desplaza por el acuario lo que a su vez lo hace hermoso y de preferencia de los aficionados. (amigos acuaristas 2012)

Gráfico 10. Guppy de cola de abanico (a).



Fuente: (amigos acuaristas 2012)

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

Guppy de cola de abanico (b): En este guppy La aleta dorsal es ancha y larga denominada cola de abanico con una hendidura en el centro, llegando a la aleta caudal como se puede observar en el gráfico. (amigos acuaristas 2012)

Gráfico 11. Guppy de cola de abanico (b).



Fuente: (amigos acuaristas 2012)

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

Guppy de cola de abanico (c): El guppy que se observa en el gráfico es una variedad que se puede encontrar en los establecimientos de acuarios en sus formas más sencillas, tiene la aleta dorsal ancha y corta que llega hasta la aleta caudal en una variedad de colores. (amigos acuaristas 2012)

Gráfico 12. Guppy de cola de abanico (c).



Fuente: (amigos acuaristas 2012)

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

A diferencia de otros peces el guppy es una de las pocas especies que toleran distintas condiciones de agua por tal motivo en la actualidad se los puede encontrar en cualquier parte del mundo siempre y cuando la temperatura del agua no disminuya por debajo de los 16° C. (amigos acuaristas 2012)

Los peces guppys tienen una serie de enemigos probablemente por su tamaño lo cual los hace presa favorable de insectos, arañas grandes crustáceos y aves pescadoras. Este es el motivo por el que se refleja en el comportamiento escurridizo que caracteriza al guppy. Existen lugares donde aumenta la cantidad de depredadores e instintivamente el guppy huye hacia la superficie en ocasiones saltando fuera de agua para huir de los perseguidores principalmente cuando estas amenazas son otros peces. (amigos acuaristas 2012)

El sulfato de cobre es una sustancia que algunas ocasiones se utiliza para eliminar caracoles en los acuario, la cantidad máxima utilizable de la misma no debe pasar de 0.12 partes por millón como máximo, de lo contrario como suele pasar con frecuencia provocara la muerte de varios peces en el acuario cuando las personas no tienen el conocimiento respecto a la sensibilidad del pez a dicha sustancia, el guppy no es una excepción ya que al igual que otros también son sensibles a esta sustancia y no tener el control adecuado producirá su muerte. (Camila Velasquez 2012)

3.3.1.6 Tóxico

La OSHA (Administración para la seguridad y salud ocupacional) es la organización que define al Tóxico como un producto químico que se encuentra en una de estas 3 categorías: (Lenntech B.V 2008)

1. Un producto químico que tiene una dosis letal media (DL_{50}) de más de 50 miligramos por kilogramos pero no más de 500 miligramos por kilogramo de peso corporal cuando administrado oralmente a ratas albinas de entre 200 y 300 gramos de peso. (Lenntech B.V 2008)
2. Un producto químico que tiene una dosis letal media (DL_{50}) de más de 200 miligramos por kilogramo pero no más de 1000 miligramos por kilogramo de peso corporal cuando administrado por contacto continuo durante 24 horas (o menos si la muerte ocurre durante las siguientes 24 horas) con la piel desnuda de conejos albinos de entre 2 a 3 kilogramos de peso. (Lenntech B.V 2008)
3. Un producto químico que tiene una concentración letal media (CL_{50}) en el aire de más de 200 partes por millón pero no más de 2000 partes por millón por volumen de gas o vapor, o más de 2 miligramos por litro pero no más de 20

miligramos por litro de niebla, humo, o polvo, cuando administrado por inhalación continua durante una hora (o menos si la muerte ocurre en menos de una hora) a ratas albinas de entre 200 y 300 gramos de peso. (Lenntech B.V 2008)

- **Efectos de los tóxicos.**

Su definición indica que los tóxicos son todas aquellas sustancias que tienen efectos nocivos sobre cualquier organismo vivo. Lo que nos genera una serie de preguntas tales como: ¿Qué efectos son éstos? ¿Cómo y cuándo se manifiestan? Y estas no son preguntas fáciles de responder ya que usualmente los efectos dependen mucho del organismo y del tóxico porque este último puede ser muy fuerte a diferencia del organismo lo cual sería letal para el mismo, en cambio sí, por el contrario tenemos un organismo fuerte con el mismo tóxico la muerte se dará en función del tiempo, lo que indica que cada tóxico puede presentar diversos efectos que además pueden depender de interacciones con otros tóxicos, o de la respuesta del organismo. En términos generales se define que la toxicidad puede ser de dos grandes tipos: aguda y crónica. (uclm 2012)

Ahora bien se define como toxicidad aguda a aquella que se manifiesta en corto tiempo, como reacción directa e inmediata a la exposición. Se puede ver como un ejemplo de esto la primera vez que una persona fuma tiende a toser: esta es la manera que tiene el organismo de reaccionar a dicha “agresión” que afecta al sistema respiratorio, que sería una toxicidad aguda. No está relacionado con el grado de la intoxicación, sino más bien con efectos que este produce de manera inmediata. Un ejemplo de mayor gravedad: una persona expuesta a respirar en un medio con concentraciones de monóxido de carbono (CO) por muy baja que sea la concentración del mismo provoca muerte en un tiempo corto ya que este es letal para el ser humano provocando así intoxicación aguda y grave. (uclm 2012)

Mientras que toxicidad crónica se define como aquella que se genera por la bioacumulación de una sustancia tóxica en el organismo vivo lo que a su vez indica que se produce de manera lenta. Esta sustancia va produciendo varios efectos antes de causar la muerte, y no es que sea necesario que se alcancen determinados niveles en la bioacumulación, sino porque dichos efectos se van

acumulando sin que lleguen a dar origen a síntomas claros por tal motivo los síntomas que se presenten en el individuo no harán que este vaya al médico sino hasta que ya es demasiado tarde. Muchas de las sustancias cancerígenas son de este tipo: aparentemente favorecen a determinados mecanismos que pueden llegar a desencadenar una enfermedad severa. Sin embargo en muchos casos ni siquiera hace falta que se produzca bioacumulación: un ejemplo de esto cuando determinados tipos de asbestos producen cáncer simplemente por la inhalación de algunas sustancias, que con el tiempo generan la enfermedad, sin que vuelva a existir contacto con la sustancia. (uclm 2012)

Otra pregunta que viene a relucir sería ¿qué hace tóxica una sustancia? Tomando en cuenta que existe una serie de efectos tóxicos la respuesta no sería tan sencilla ya que entre los efectos que se pueden nombrar algunos producen interferencia en reacciones bioquímicas que impiden el funcionamiento de cierto ciclo, otros producen asfixia, otros irritación de mucosas. (uclm 2012)

Por lo dicho anteriormente, los efectos tóxicos se pueden clasificar en dos grandes grupos: letales y subletales, tomando muy en cuenta que los efectos subletales pueden transformarse a largo plazo en letales. Se pueden nombrar algunos efectos subletales de los tóxicos:

- El cáncer.
- Mutaciones, malformaciones y deficiencia en el desarrollo entre otros.
- Cambios en la composición sanguínea y la actividad enzimática.
- Trastornos del comportamiento.
- Deficiencia en la capacidad de reproducción. (uclm 2012)

Cada tipo de efecto tóxico estará relacionado con la interacción biológica o bioquímica que la sustancia produzca con el resto de sustancias propias del organismo. Por ejemplo, la hemoglobina es una molécula fundamental en nuestro organismo, puesto que es la encargada del transporte del oxígeno, mediante su transformación reversible en oxihemoglobina. Sin embargo, en presencia de monóxido de carbono la hemoglobina se transforma de forma casi irreversible en carboxihemoglobina, y pierde la capacidad de transportar el oxígeno: en concreto, la transformación del 50% de hemoglobina en carboxihemoglobina puede conducir a la muerte. En otros casos, la toxicidad

estará relacionada con otros cambios bioquímicos inducidos por otros compuestos concretos sobre otras moléculas orgánicas concretas. (uclm 2012)

3.3.1.7 Concentración Letal 50 (CL50)

Es la concentración, obtenida por estadística, de una sustancia de la que puede esperarse que produzca la muerte, durante la exposición o en un plazo definido después de ésta, del 50% de los animales expuestos a dicha sustancia durante un periodo determinado. (Lenntech B.V 2008)

La concentración letal 50 es una de las pruebas de sensibilización más utilizadas en el campo de la toxicología, varios métodos descritos por algunos autores estiman a la CL50 como uno de los primeros métodos de evaluación de la toxicidad aguda de sustancias conocidas o desconocidas. Si bien no se pueden extrapolar los datos de concentraciones letales entre diferentes especies en estudio si es posible lograr asociaciones de ciertos tóxicos en base a la filogenia de las especies en común, de tal manera que se logran aproximaciones muy eficaces sobre modelos experimentales que describen los mismos índices de toxicidad basados en la respuesta de las células dianas que son comunes para varios modelos biológicos.

3.3.2 Polución de los ecosistemas

El ecosistema es el conjunto de elementos tanto físicos como biológicos en donde se encuentran diversas clases de organismos unicelulares como pluricelulares. Los ecosistemas son de mala forma contaminados casi siempre por actividades humanas, las actividades que más contaminación pueden provocar al ecosistema son: (Biólogo Ronald Eleazar Huarachi Olivera 2011)

- Inadecuados sistemas de utilización.
- Estado y situación previa del suelo.
- Conflictos socio-económicos:
- Incendios.
- Incorporaciones sucesivas de biocida, metales pesados, solventes, plásticos, etc.

La atmosfera se contamina por diversas maneras, con contaminantes gaseosos, pequeñas partículas sólidas y líquidas. Un gas muy contaminante y que

tiene mucha incidencia en el calentamiento global es el anhídrido carbónico el cual causa el efecto invernadero. (Biólogo Ronald Eleazar Huarachi Olivera 2011)

El plomo, no hace mucho tiempo atrás se adicionaba a la gasolina para que cumpliera una función antidetonante causaba muchos problemas ambientales cuando combustionaba ya que se mezclaba en el aire y podía causar enfermedades a los seres vivos, los ambientes que más sufrían estos impactos eran las grandes ciudades donde se estimaba que podía haber 200 veces más plomo que en lugares rurales. (Biólogo Ronald Eleazar Huarachi Olivera 2011)

El agua arrastra contaminantes de dos maneras una son los contaminantes suspendidos y los otros contaminantes disueltos, para ayudar al medio ambiente el agua es sometida a procesos de tratamientos aerobios y anaerobios para poder descargarlas en ríos, lagos y lagunas. El agua se contamina con materia orgánica, y materia inorgánica que comprende a materiales sintéticos y metálicos. (Biólogo Ronald Eleazar Huarachi Olivera 2011)

Un gran problema con los que aportan estos contaminantes es la facilidad con que la mayoría de seres vivos los absorben y llegan a acumularlos dentro de su cuerpo.

Por otra parte las sustancias que son difíciles de degradar o de aplicarle un tratamiento efectivo para evitar que contaminen el medio ambiente como plásticos, hidrocarburos, biocida, polímeros, sintéticos, también tienen la capacidad de causar biomagnificación por ende ser peligroso para los seres vivos. (Biólogo Ronald Eleazar Huarachi Olivera 2011)

3.3.2.1 Aguas residuales urbanas

Las aguas residuales provienen de las actividades humanas donde han sido utilizadas de tal manera que se cambia la composición natural del líquido mezclándola con sustancias contaminantes y normalmente arrojadas a masas de aguas sin darles un tratamiento adecuado donde se eliminen los contaminantes. (Area gratuita s.f.)

3.3.2.2 Origen de las aguas residuales urbanas.

El origen de las aguas residuales depende mucho del tipo de actividad humana en la cual se la utilice. En base a la revisión bibliográfica realizada se pueden describir las siguientes categorías. (G. Brebion):

Mecánico y físico.

Inorgánico y mineral.

Orgánico.

Urbano.

Colectivo. (Area gratuita s.f.)

El origen de las aguas residuales urbanas está relacionado con los siguientes factores:

Excretas.

Residuos domésticos.

Arrastres de lluvia.

Infiltraciones.

Residuos industriales. (Area gratuita s.f.)

- **Excretas.**

Son todos los residuos sólidos y líquidos que provienen del metabolismo de los seres humanos, materia orgánica que no es útil en el cuerpo es desechada y se componen de:

Deyecciones sólidas

Son en general las heces eliminadas del cuerpo humano luego de la absorción de las proteínas de un alimento ingerido, estas heces están compuestas por agua, celulosa, es decir materia orgánica que al descomponerse emana gases como el escatol fenol y otros compuestos que causan malos olores y contaminan el ambiente, al ser eliminada de maneras no adecuadas estas heces pueden contaminar masa de aguas y ser perjudicial para los ecosistema a pesar de que contiene sustancias que ayudan a fertilizar la tierra para la agricultura como nitrógeno y fosforo. (Area gratuita s.f.)

Vertidos líquidos

La orina que es la secreción de color amarillo que se acumula en la vejiga como resultado del proceso en el cual los riñones depuran y filtran la sangre. La orina está compuesta de las siguientes sustancias:

Tabla 2. Composición media de la orina.

Cationes	Aniones	Pigmentos	pH-6	Compuestos orgánicos
Na 6	Cl 8,6	Urocromo	ClNa	Urea [CO(NH ₂) ₂] 30
K 2,7	S04 2,2	Urobilina	13gr/24h	Ácido hipúrico 1,3
NH ₄ 0,8	P04 3,8	Uroponirina	ClK	Creatinina 1,8
Ca 5,3		etc.		Ácido úrico 0,7
Mg 0,15				Bases púricas 0,3
				Aminoácidos 0,5
				Alcoholes
				Ácidos grasos 0,5

Elaborado: (Mariano Seoanez Calvo 1995)

Fuente: (Area gratuita s.f.)

Estadísticamente el ser humano elimina diariamente 1,3 litros de orina. Al año, el hombre elimina unos 28 Kg de materia orgánica,

Tabla 3. Composición media de la orina (continuación)

Excreta Composición	P2O2	K20	N
Vertidos líquidos (Orina)	0,7	0,7	1
Deyecciones sólidas	0,2	0,1	0,4

Elaborado: (Mariano Seoanez Calvo 1995)

Fuente: (Area gratuita s.f.)

- **Residuos domésticos.**

Son todas las aguas residuales que son eliminadas de los hogares después de ser utilizadas para lavar, bañarse, preparar alimentos y llevan consigo residuos de vegetales, detergentes, desinfectantes, sales, insecticidas, residuos animales, y toda sustancia que tenga contacto directo con el agua. (Area gratuita s.f.)

- **Arrastres de lluvia.**

Las lluvias son una de las principales fuentes de contaminación de agua ya que cuando llueve sobre un lugar se arrastran todos los contaminantes dispersos ya sea polvo, sustancias químicas, gases, materia orgánica, materia inorgánica, sólidos, sustancias disueltas en espacios pequeños. Esto complica los procesos de depuración de este tipo de agua ya que lleva consigo muchas sustancias de diversas procedencias algunas disueltas y otras en su suspensión (Area gratuita s.f.)

- **Infiltraciones.**

Las aguas residuales urbanas son eliminadas a través del sistema de alcantarillado pero cuando existen sistemas defectuosos pueden ocurrir infiltraciones de estas aguas a aguas subterráneas que existen debajo de la tierra, pueden ocurrir también infiltraciones cuando al llover el suelo absorbe estas aguas contaminadas y contamina el agua subterránea. (Area gratuita s.f.)

- **Residuos industriales.**

Son los productos no utilizables de procesos industriales que no tienen ningún uso donde genere un valor económico, estos residuos deben tener un tratamiento especial para ser eliminados sin afectar al medio ambiente, pero las grandes industrias optan de mala manera desecharlos en las masas de agua. (Area gratuita s.f.)

3.3.2.3 Métodos de Tratamiento de las Aguas Residuales

Hay tres clases principales de procesos de tratamiento:

- **Procesos físicos** son procesos donde se eliminan impurezas con propiedades físicas apreciables, es decir impurezas que se pueden eliminar por su viscosidad, tamaño y densidad, los procesos de tratamiento de aguas residuales más comunes son cribado, filtrado y sedimentación. (Estrucplan On Line s.f.)
- **Procesos químicos** son los procesos en los cuales se eliminan impurezas con sustancias y reactivos químicos los cuales se agregan al agua y causan reacciones químicas que eliminan impurezas, entre los procesos de tratamiento químicos de aguas residuales más comunes encontramos la coagulación y floculación precipitación y el intercambio iónico. (Estrucplan On Line s.f.)

- **Procesos biológicos** son los procesos donde se utilizan organismos vivos que realizan reacciones de descomposición de impurezas y así recuperan agua contaminada, entre los procesos biológicos de tratamientos biológicos de aguas residuales más comunes encontramos los tratamientos anaerobios y aerobios. (Estrucplan On Line s.f.)

Aplicar un solo proceso de tratamiento para aguas residuales no siempre funciona, es por ese motivo que las plantas de tratamientos de aguas residuales normalmente utilizan métodos combinados entre procesos químicos, físicos y biológicos cada uno de estos procesos cumplirán una labor importante en el tratamiento los físicos eliminarán las impurezas más grandes, los químicos las impurezas disueltas que no se puedan eliminar en el proceso físico y los procesos biológicos desdoblaron toda materia orgánica e inorgánica que aun quede contenida en el agua, terminando con una desinfección para eliminar microorganismos dañinos. (Estrucplan On Line s.f.)

El inconveniente con estos procesos de tratamientos es el alto costo de inversión y mantenimiento, es por este motivo que muchas plantas de tratamientos de aguas residuales se ven obligadas a detener sus actividades. (Estrucplan On Line s.f.)

3.3.2.4 Lagunas de oxidación

Las lagunas de estabilización, también llamadas lagunas de oxidación, son depósitos de agua de profundidad de entre 1 y 3.5 metros., y tienen como finalidad estabilizar la materia orgánica presente en las aguas residuales. (Ing. Ambiental. Gabriel Rojas Ríos 2011)

Si la carga orgánica por unidad de área es demasiado alta y no existe aireación mecánica o inducida y el suministro de oxígeno es insuficiente para tener oxígeno residual, la laguna es anaerobia.

Si la laguna es lo suficientemente profunda y existe una aireación inducida o natural solo para las capas superiores de agua, se tendrá una condición aerobia en la superficie de la laguna y anaerobia en el fondo de la misma. Este tipo de lagunas son llamadas facultativas. (Ing. Ambiental. Gabriel Rojas Ríos 2011)

Si se suministra aire por agitación superficial o por inyección, se tendrá una laguna aireada. La aireación puede ser baja o intensa, por lo que se tendrá lagunas de mezclado parcial y de mezclado total. La diferencia entre estos dos tipos de aireación, es que a las lagunas de mezclado completo se les suministra una agitación tan intensa que los sólidos que inicialmente sedimentan se encuentran en suspensión en el proceso de digestión microbiana. En las lagunas de mezclado parcial, la agitación no es tan intensa, por lo que casi todos los sólidos se encuentran en el fondo del depósito y la aireación mecánica únicamente se efectúa en los estratos superiores de la laguna. (Ing. Ambiental. Gabriel Rojas Ríos 2011)

Dependiendo de las condiciones de oxigenación será la naturaleza del proceso. Si la aireación atmosférica o mecánica es insuficiente, por medio del proceso de fotosíntesis y con los nutrientes disponibles, se empieza a desarrollar una gran biomasa de algas, que cubre el estanque o fosa de oxidación. Estas algas consumen bióxido de carbono de la atmósfera y producen oxígeno, el cual es necesario para otros microorganismos aerobios que degradan la materia orgánica. Bajo estas condiciones, se crea una relación de simbiosis entre microorganismos de diferente tipo, que finalmente estabilizan la materia orgánica presente en las aguas residuales. (Ing. Ambiental. Gabriel Rojas Ríos 2011)

La producción de algas en lagunas de tratamiento biológico, es un problema cuando el crecimiento de éstas es excesivo. Inclusive, se da el caso de que la gran producción de biomasa vegetal, causa una DBO mayor en el agua tratada que en el influente, si se considera la biomasa de algas como parte integral del efluente de las aguas residuales procesadas. (Ing. Ambiental. Gabriel Rojas Ríos 2011)

Por la naturaleza y características de las diferentes modalidades del proceso biológico en lagunas de estabilización o de oxidación, se pueden tener variaciones en el tratamiento, para obtener efluentes de mayor o menor calidad, según sean los requerimientos propios del efluente deseado. (Ing. Ambiental. Gabriel Rojas Ríos 2011)

3.3.3 Introducción del sistema de tratamiento de aguas residuales de las lagunas de Portoviejo.

3.3.3.1 Lagunas de Estabilización.

- **Generalidades de las lagunas de estabilización en la ciudad de Portoviejo:**

El agua en la ciudad de Portoviejo es utilizada en diversas actividades tanto domésticas, industriales y comunitarias las cuales son receptadas por la red de alcantarillado que se dirige hacia la planta de tratamiento de aguas residuales de Portoviejo donde reciben un tratamiento para eliminar impurezas antes de ser descargadas al río. (García Pilozo Elena Maria y Reyes Saldarriaga Mayra 2011)

- **Objetivos de las lagunas de estabilización en la ciudad de Portoviejo:**

Remover toda materia orgánica de las aguas residuales que procedan del sistema de alcantarillado de la ciudad de Portoviejo que se encuentren causando contaminación. (García Pilozo Elena Maria y Reyes Saldarriaga Mayra 2011)

Reducir la cantidad de colonias de microorganismos patógenos en relación a su valor inicial expresado en ufc/ml. (García Pilozo Elena Maria y Reyes Saldarriaga Mayra 2011)

Utilizar el agua ya tratada en diversas actividades en la ciudad de Portoviejo, por ejemplo como fuente de riego para la agricultura. (García Pilozo Elena Maria y Reyes Saldarriaga Mayra 2011)

- **Ventajas de las lagunas de estabilización en la ciudad de Portoviejo:**

Tiene un bajo costo.

Prácticamente no necesitan ningún componente importado.

No consume ningún tipo de energía.

Es posible reutilizar el agua tratada como sistemas para riego.

No existe problema en ninguna estación del año ya que es muy fácil de adaptar a cualquier condición.

Existe la posibilidad de tratar vertimientos industriales pero que sean de fácil biodegradación.

Elevada estabilización de la materia orgánica.

Tiene una gran capacidad de eliminación de impurezas, con excelente reducción de microorganismos patógenos. (Ponce Zambrano Liceth Janina 2012)

- **Desventaja de las Lagunas de estabilización en la ciudad de Portoviejo:**

La única desventaja aparente es que estas lagunas al receptor todas las aguas residuales de la ciudad de Portoviejo necesitan una extensa cantidad de tierra, mayor a cualquier otro sistema de tratamiento de aguas residuales. (Ponce Zambrano Liceth Janina 2012)

- **Localización de las lagunas de estabilización en la ciudad de Portoviejo:**

La planta de tratamiento de aguas residuales de Portoviejo se encuentra en el Cantón Portoviejo y se ubican en el costado nor - oeste de la pista de aterrizaje del Aeropuerto Reales Tamarindos, la calle principal por donde se puede llegar con facilidad es la avenida 5 de junio que une a Portoviejo con la Parroquia de Picoazá. Desde la calle Pedro Gual la Planta de tratamiento de aguas residuales se localiza a 4.3 Km. (Ponce Zambrano Liceth Janina 2012)

3.3.3.2Lagunas Aireadas.

Existen dos lagunas aireadas en la planta de tratamiento de aguas residuales de Portoviejo, este tipo de lagunas introducen oxígeno al agua residual desde una profundidad de 4,4 m cada una, teniendo mayor profundidad que la laguna facultativa y la de maduración. Cuenta con un área de 1,56 Ha siendo estas lagunas más pequeñas que la laguna facultativa y de maduración. Cuenta con una capacidad de almacenamiento de 37.791 m³. El tiempo de retención de las lagunas aireadas es de 66,24 horas, durante este tiempo se logra estabilizar la materia orgánica. (Ponce Zambrano Liceth Janina 2012)

El agua residual al llegar a la planta de tratamiento de aguas residuales pasa por un pretratamiento biológico antes de ingresar a las lagunas de aireación, este pretratamiento biológico tiene las siguientes funciones: (Ponce Zambrano Liceth Janina 2012)

- Reduce el DBO entre un 50% a un 60% donde retiene la materia orgánica por medio de rejillas. (Ponce Zambrano Liceth Janina 2012)
- Mantiene condiciones aerobias para poder reducir la materia orgánica y facilite la eficiencia en las otras lagunas. (Ponce Zambrano Liceth Janina 2012)
- No permite la reproducción de las bacterias para que no superen la capacidad de las lagunas. (Ponce Zambrano Liceth Janina 2012)

3.3.3.3 Lagunas Facultativas.

El agua residual llega a la facultativa proveniente de las lagunas aireadas, tiene un área de 15,28 Ha, la profundidad de esta laguna es de 1,852 m y cuenta con una capacidad de almacenamiento de 283,040 m³, el tiempo en el que el agua permanece en esta laguna es de 137,04 horas

En esta laguna se reduce la materia orgánica a niveles más bajos donde se mantiene las condiciones aerobias pero con una parte anaerobia en el fondo de la laguna. La laguna facultativa aporta en lo siguiente con el tratamiento: (Bermudez Vera Diana Y Vera Zambrano Noelia 2013)

Asimilando y almacenando los sólidos biológicos que se produjeron en las lagunas aireadas.

Se mantiene condiciones de aireación y materia orgánica de tal manera que se puedan formar algas unicelulares en la superficie superior de la laguna. (Bermudez Vera Diana Y Vera Zambrano Noelia 2013)

La laguna facultativa mantiene una adecuada población microbiana, es decir no se incrementan en la laguna debido a que las algas generan bicarbonatos y carbonatos en horas en que el sol radia más y así se produce un incremento de pH. (Bermudez Vera Diana Y Vera Zambrano Noelia 2013)

Asegurar una adecuada remoción de nematodos intestinales. (Bermudez Vera Diana Y Vera Zambrano Noelia 2013)

3.3.3.4 Lagunas De Maduración.

La laguna de maduración es el último lugar de destino de las aguas residuales antes de ser descargada al río. Aquí el agua ingresa prácticamente libre impurezas con una coloración verde procedente de la laguna facultativa, en estas lagunas ya no llegan ningún tipo de lodo ni sólidos, se da un aumento notorio de algas en la superficie. (Bermudez Vera Diana Y Vera Zambrano Noelia 2013)

El área de esta laguna es de 12,04 Ha cuenta con una profundidad de 1,77 m y la capacidad de almacenamiento es de 216,573 m³, el agua permanece en esta laguna durante un tiempo de 103,68 horas. (Bermudez Vera Diana Y Vera Zambrano Noelia 2013)

3.3.3.5 Dimensiones de las Lagunas.

Tabla 4. Cajón de llegada

Longitud	2,25 mts.
Ancho	1,30 mts.
Altura	1.198,00 mts.
Espesor de las paredes	0,30 mts.

Fuente: (Lcda. Mariela Casanova 2008)

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

Tabla 5. Pantalla Tranquilizadora

Ancho	1,300 mts.
Altura	0,935 mts.
Espesor	0,300 mts.
Altura libre del orificio	0,253 mts. (Sobre la base del cajón, para las condiciones del año 2020).
Caudal máximo en tiempo húmedo la carga sobre el vertedero	0.363 mts.

Fuente: (Lcda. Mariela Casanova 2008)

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

Tabla 6. Vertedero Rectangular

Ancho:	1,30 mts.
Altura:	0,30 mts.
Espesor de las paredes:	0,30 mts.

Fuente: (Lcda. Mariela Casanova 2008)

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

Tabla 7. Lagunas Aireadas

Área de las Lagunas a media altura:	31.122 m ² (1.56 Ha c/u).
Número de Unidades	2 en paralelas.
Profundidad	4.4 m.
Volumen	37.791 m ³ .
Período de retención	2.76 días.
Inclinación de los taludes	2:1
Eficiencia	94.0% (en invierno)
Total aireadores	12(6 c/u lagunas)
Potencia	40 hp c/u

Fuente: (Lcda. Mariela Casanova 2008)

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

Tabla 8. Laguna Facultativa

Área de las Lagunas a media altura	152.811 m ² (15.28 Ha c/u)
Número de Unidades	1
Profundidad	1.852 m.
Volumen	283.040 m ³
Período de retención	5.71 días
Inclinación de los taludes	2:1

Fuente: (Lcda. Mariela Casanova 2008)

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

Tabla 9. Laguna de Maduración

Área de las Lagunas a media altura	120.365m ² (Total)=12.04ha c/u.
Número de Unidades	1.
Profundidad	1.77 m.
Volumen	216.573 m ³ .
Período de retención	4.32 días.
Inclinación de los taludes	2:1.
El período de retención total	12.79 días

Fuente: (Lcda. Mariela Casanova 2008)

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

3.3.4 Métodos analíticos para aguas residuales.

3.3.4.1 Determinación de pH

Tabla 10. Determinación del pH

Principio del proceso	Se basa en la capacidad de respuesta del electrodo de vidrio ante soluciones de diferente actividad de iones H^+ . La fuerza electromotriz producida en el electrodo de vidrio varía linealmente con el pH del medio. Se debe tener en cuenta la temperatura de la muestra ya que esta fuerza electromotriz afecta al valor del pH.
Reactivos	Disoluciones estándar de pH (tampones 7, 4 y 9) para la calibración del equipo (pH-metro).
Procedimiento	<ul style="list-style-type: none">• Se calibra el electrodo con disoluciones patrón (tampones) de pH conocido.• Se coloca la muestra, en la que se ha introducido una varilla agitadora teflonada (imán), en un agitador magnético, y se agita.• Se procede a leer el valor del pH cuando la lectura se estabilice en pH-metro con compensación de temperatura.

Fuente: (Jesús Fernández y María Dolores Curt s.f.)

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

3.3.4.2 Determinación de la Conductividad

Tabla 11. Determinación de la Conductividad

Principio del proceso	La medida se basa en el principio del puente de Wheatstone, utilizándose un aparato diseñado a tal efecto, el conductímetro. Se debe tener en cuenta la temperatura de la muestra ya que la conductividad está estrechamente relacionada con la temperatura.
Procedimiento	<ul style="list-style-type: none">• En el caso de que la conductividad de la muestra sea muy elevada, habrá que diluirla hasta que la medida entre en la escala del equipo.• Se introduce la célula de conductividad en la muestra y se espera hasta que la lectura se estabilice (pocos segundos). Si se utiliza un conductímetro de lectura digital, la medida directa de la conductividad de la muestra aparece en la pantalla. Es recomendable utilizar equipos que tengan compensación de temperatura, en el caso contrario habría que efectuar dicha compensación manualmente.

Fuente: (Jesús Fernández y María Dolores Curt s.f.)

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

3.3.4.3 Sólidos Totales en Suspensión

Tabla 12. Sólidos totales en suspensión

Principio del proceso	<p>Se filtra una muestra previamente homogeneizada, mediante un filtro estándar de fibra de vidrio (Whatman 934-AH; tamaño de retención de partículas de 1.5 μm), previamente tarado en seco. El residuo retenido en el mismo se seca a peso constante a 103 - 105° C.</p> <p>El aumento de peso de filtro representa los sólidos totales en suspensión.</p>
Procedimiento	<ul style="list-style-type: none">• Se taran individualmente en placas de vidrio los filtros estándar necesarios y se anota el peso inicial seco, determinado a 103-105°C.• Se filtra un volumen determinado de muestra homogeneizada a través de un filtro tarado, con una bomba de vacío.• Se seca en estufa a 103- 105° C hasta peso constante.
Cálculos	<p>Sólidos totales (mg/litro) = $[(A-B)*1000]/\text{Volumen de muestra (ml)}$</p> <p>A: peso de residuo seco + filtro (mg)</p> <p>B: tara del filtro (mg)</p>

Fuente: (Jesús Fernández y María Dolores Curt s.f.)

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

3.3.4.4 Sólidos Sedimentables

Tabla 13. Sólidos sedimentables

Procedimiento	<ul style="list-style-type: none">• Se llena un cono de Imhoff con la muestra bien homogeneizada, hasta la marca de 1 litro.• Se deja sedimentar durante 45 minutos, removiendo a continuación suavemente las paredes del cono con una varilla o mediante rotación.• Se mantiene en reposo durante 15 minutos más.• Se registra el volumen de sólidos sedimentados en la parte inferior del cono. La determinación se expresa en mililitros de partículas sedimentadas por litro de muestra.
----------------------	---

Fuente: (Jesús Fernández y María Dolores Curt s.f.)

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

3.3.4.5 Demanda Química de Oxígeno en aguas residuales (DQO)

Tabla 14. Demanda química de oxígeno en aguas residuales

Fundamento	<p>La demanda química de oxígeno (DQO) es la cantidad de oxígeno consumido por las materias existentes en el agua, que son oxidables en condiciones operatorias definidas. La medida corresponde a una estimación de las materias oxidables presentes en el agua, ya sea su origen orgánico o inorgánico.</p> <p>La determinación de DQO debe realizarse rápidamente después de la toma de muestras, para evitar la oxidación natural. En caso contrario, la muestra podría conservarse un cierto tiempo si se acidifica con ácido sulfúrico hasta pH = 2-3. Sin embargo, esta opción deja de ser fiable en presencia de cloruros.</p>
-------------------	--

Fuente: (Jesús Fernández y María Dolores Curt s.f.)

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

Continuación...

Tabla 14. Demanda química de oxígeno en aguas residuales

Principio del método del dicromato potásico	En condiciones definidas, ciertas materias contenidas en el agua se oxidan con un exceso de dicromato potásico, en medio ácido y en presencia de sulfato de plata y de sulfato de mercurio. El exceso de dicromato potásico se valora con sulfato de hierro y amonio.
Reactivos	<ul style="list-style-type: none">• Sulfato de mercurio (Hg_2SO_4), para evitar interferencias de los haluros.• Dicromato potásico ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) 0,25 N: Disolver 12,2588 g de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ previamente secado 24h en estufa a 105°C, en 1 litro de agua destilada.• Solución de sulfato de plata en ácido sulfúrico: Disolver 5 g de Ag_2SO_4 en 540 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado (densidad 1.84). (Docslide s.f.)• Solución de sulfato de hierro y amonio 0,25 N ($(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$ o SAL DE MOHR: Disolver 98,04 g de $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$ en agua destilada. Añadir 20 ml de H_2SO_4 concentrado, enfriar y enrasar a 1 litro con agua destilada. La solución debe estandarizarse diariamente, para determinar exactamente su normalidad, frente a la solución de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0.25N. (Docslide s.f.)• Indicador de DQO o solución de ferroína: Disolver 1,485 g de 1,10 fenantrolina ($\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2 \times \text{H}_2\text{O}$) y 0,695 g de sulfato de hierro heptahidrato en agua destilada, y llevar a volumen de 100 ml.

Fuente: (Jesús Fernández y María Dolores Curt s.f.)

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

Continuación....

Tabla 14. Demanda química de oxígeno en aguas residuales

Reactivos	<p>Valoración de la sal de MOHR: Diluir en un matraz Erlenmeyer de 100 ml de capacidad, 10 ml de $K_2Cr_2O_7$ 0,25 N con agua destilada, hasta aproximadamente 100 ml. Añadir 30 ml de ácido sulfúrico concentrado y enfriar. Añadir unas 5 gotas del indicador ferroína y valorar hasta viraje a rojo violáceo con sal de MOHR.</p> <ul style="list-style-type: none">• Cálculos: $f = [\text{Volumen de } Cr_2O_7K_2 \text{ 0,25 N utilizado} \times 0,25] / \text{Volumen de sal de MOHR consumido en la valoración.}$
Procedimiento	<ul style="list-style-type: none">• Se enciende la placa calefactora.• Se pesan 0,44 g de $HgSO_4$ en matraz para reflujo de 100 ml. La cantidad propuesta de $HgSO_4$ es suficiente en la mayoría de los casos, para eliminar las posibles interferencias por Cl^- de la muestra.• Se colocan unas bolitas de vidrio en el matraz para favorecer la ebullición.• Se añaden 20 ml de muestra.• Se añaden lentamente 30 ml de la solución de sulfato de plata en ácido sulfúrico, con una pipeta de vertido, mezclando bien para disolver el $HgSO_4$, y enfriar.• Se añaden 12,5 ml de solución de dicromatopotásico 0,25 N y se mezclan bien todos los productos añadidos.

Fuente: (Jesús Fernández y María Dolores Curt s.f.)

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015.

Continuación....

Tabla 14. Demanda química de oxígeno en aguas residuales

<p>Procedimiento</p>	<ul style="list-style-type: none">• Sobre el matraz se dispone el elemento refrigerante (condensador del reflujo), y se somete a reflujo durante 2 horas.• El conjunto se deja enfriar; el condensador del reflujo se lava con agua destilada, y después se separa el matraz del refrigerante.• La muestra oxidada se diluye hasta 75 ml con agua destilada y se deja enfriar hasta temperatura ambiente.• Se añaden unas 5 gotas del indicador ferroína.• Se procede a valorar el exceso de dicromato con la sal de Mohr.• El punto final de análisis se toma cuando el color varía bruscamente de azul verdoso a pardo rojizo.• Este método resulta eficaz para muestras que tengan una DQO entre 50 y 800 mg/l. Para niveles superiores diluir el agua problema y para contenidos menores aplicar otro método.• Cálculos: DQO (mg de oxígeno/litro) = $[(A-B) \times N \times 8000] /$ Volumen (ml) de muestra. A= Volumen (ml) de sal de Mohr gastado en el blanco. B= Volumen (ml) de sal de Mohr gastado en la muestra. N= Normalidad de la sal de Mohr.
-----------------------------	--

Fuente: (Jesús Fernández y María Dolores Curt s.f.)

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

3.3.4.6 Demanda Biológica de Oxígeno en aguas residuales (DBO₅)

Tabla 15. Demanda biológica de oxígeno en aguas residuales

Fundamento	Esta prueba determina los requerimientos relativos de oxígeno de aguas residuales, efluentes y aguas contaminadas, para su degradación biológica. Expresa el grado de contaminación de un agua residual por materia orgánica degradable por oxidación biológica.
Principios del proceso	El agua residual contiene una cierta flora bacteriana, que tras un tiempo de incubación, actúa degradando la materia orgánica contenida en el agua residual. Si cierta cantidad del agua a analizar se introduce en un recipiente, y éste se cierra herméticamente, se crea un sistema que contiene el agua a analizar, con su flora bacteriana y aire, el cual contiene un 21% de oxígeno. En un tiempo determinado, los microorganismos consumen todo o parte del oxígeno contenido en el sistema al degradar la materia orgánica, liberando una cierta cantidad de anhídrido carbónico gaseoso. Suponiendo que se inhibe la nitrificación y que se retira del sistema el CO ₂ gaseoso producido, la depresión que se registra en el sistema se deberá exclusivamente al descenso de la presión parcial del oxígeno, como consecuencia del consumo de oxígeno en la oxidación biológica de la materia orgánica. A continuación se describe la determinación de DBO con un periodo de incubación de cinco días (DBO ₅) en <u>biómetros</u> diseñados a tal efecto (WTW- <u>Oxitop</u>).

Fuente: (Jesús Fernández y María Dolores Curt s.f.)

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

Continuación....

Tabla 15. Demanda biológica de oxígeno en aguas residuales

Principios del proceso	Estos biómetros están dotados de tapones con dispositivos de lectura de la presión parcial de los frascos. La captación del CO ₂ gaseoso producido se efectúa por reacción con OHNa, que ha de disponerse al comienzo del ensayo en una cápsula diseñada a tal efecto, en el sistema.
Reactivos	<ul style="list-style-type: none">• Disolución de allitiourea: Disolver 5 g de allitiourea reactivo en un litro de agua destilada.• Esta disolución se utilizará como inhibidor de la nitrificación.• Sosa cáustica (OHNa) en perlas.
Procedimiento	<ul style="list-style-type: none">• Se introduce una varilla agitadora (imán) en el interior del biómetro.• Se añade el inhibidor de la nitrificación en una proporción equivalente a 20 gotas de la disolución de allitiourea por litro de muestra.• Se ponen dos perlitas de OHNa en la cápsula diseñada a tal efecto.• Se añade un volumen de muestra determinado en el biómetro. El volumen a utilizar depende del rango de DBO esperado, y está especificado en las instrucciones de uso del biómetro.• Se coloca la cápsula conteniendo OHNa sobre la parte superior del biómetro, una vez que la muestra esté estable y no se observen burbujas de aire.• Se cierra el biómetro con el correspondiente tapón-registrador, y se pone la lectura a cero.

Fuente: (Jesús Fernández y María Dolores Curt s.f.)

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

Continuación....

Tabla 15. Demanda biológica de oxígeno en aguas residuales

Procedimiento	<ul style="list-style-type: none">• Se introduce el biómetro en cámara a 25°C y se enciende el agitador magnético. Se mantiene agitación suave constante durante todo el ensayo.• Se realiza la lectura a los cinco días, siguiendo el procedimiento de lectura de la casa fabricante del biómetro. La DBO₅ final del agua analizada, expresada en mg de O₂ por litro de muestra, será la lectura obtenida en el biómetro multiplicada por el factor de dilución del ensayo. La correspondencia: factor de dilución a volumen de muestra introducido en el biómetro se indica en las instrucciones de uso del biómetro.
----------------------	--

Fuente: (Jesús Fernández y María Dolores Curt s.f.)

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

3.3.4.7 Nitrógeno Total

Tabla 16. Nitrógeno Total

Principio del proceso	<p>El principio del procedimiento que se describe a continuación (análisis elemental), se basa en una combustión inmediata de la muestra, que finalmente resulta en la liberación de todo el nitrógeno contenido en la muestra (N orgánico e inorgánico) en forma de nitrógeno gaseoso. El nitrógeno gaseoso se separa de otros compuestos gaseosos por cromatografía de gases, para procederse a su cuantificación.</p>
Procedimiento	<ul style="list-style-type: none">• La muestra se acidula previamente a pH 3. La determinación se debe efectuar con varias repeticiones por muestra (se aconsejan cuatro repeticiones).• Se introduce una alícuota de 0,7 ml en una cápsula de estaño apropiada para análisis elemental.• Las cápsulas se llevan al dispositivo automático de muestreo del analizador elemental.• Se procede al ensayo de análisis elemental y determinación automática del contenido en nitrógeno de la muestra, vía electrónica en un ordenador preparado a tal efecto.

Fuente: (Jesús Fernández y María Dolores Curt s.f.)

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

3.3.4.8 Nitrógeno Nítrico

Tabla 17. Nitrógeno Nítrico

Principio del proceso	<p>El procedimiento propuesto es mediante electrodos selectivos acoplados a un potenciómetro. El principio del proceso se basa en la generación de un potencial eléctrico cuando el electrodo de medida se pone en contacto con la muestra conteniendo nitratos. El rango de trabajo se sitúa entre 0,14 mg/l y 1400 mg/l. Los cloruros y los bicarbonatos pueden interferir en el análisis, así como otros aniones más infrecuentes en aguas. Se requiere electrodo de referencia de doble unión y electrodo selectivo de nitratos. El electrodo selectivo debe ajustarse a las condiciones de temperatura, pH y fuerza iónica de la muestra y de los patrones usados en la calibración para conseguir que las lecturas sean fiables.</p>
Reactivos	<ul style="list-style-type: none">• Electrodo de referencia:• Electrolito interno: KCl 3 M. Se prepara con 22,365 g de KCl desecado en 100 ml de agua destilada.• Electrolito intermedio y solución de reposo: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 1 M. Se prepara con 33,04 g de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ en 250 ml de agua destilada.• Electrodo de medida.• Solución para reposo: KNO_3 0,01 M (140 ppm N). Se prepara 0,5005 g de KNO_3 desecado en 500 ml de agua destilada.• Patrón de 100 ppm de N- NO_3. Se prepara con 0,3611 g de KNO_3 desecado, en 500 ml de agua destilada. A partir de este patrón de 100 ppm, preparar de 10 ppm y 1 ppm de N- NO_3.

Fuente: (Jesús Fernández y María Dolores Curt s.f.)

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

Continuación....

Tabla 17. Nitrógeno Nítrico

Reactivos	<ul style="list-style-type: none">• Ajustador de fuerza iónica ISA/TISAB: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 0,1 M. Se prepara con 1,32 g en 100 ml de agua destilada. La concentración y cantidad de ISA está en función del rango de N- NO_3 que se espera encontrar.
Procedimiento	<ul style="list-style-type: none">• Para el caso de que no haya interferencias por cloro, las proporciones de alícuota y ajustador de fuerza iónica (ISA) son las siguientes:• Para concentraciones de nitratos superiores a 1,4 g N- NO_3/l se coge una alícuota de 50 ml de la solución a medir y se añade 5 ml de un ISA de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 1 M.• Para concentraciones de nitratos entre $1,4 \times 10^{-3}$ y 1,4 g N- NO_3/l se coge una alícuota de 50 ml de la solución a medir y se añade 1 ml del ISA 0,1 M.• Para concentraciones menores de $1,4 \times 10^{-3}$, se coge una alícuota de 50 ml de la solución a medir y se añade 0,5 ml de un ISA 0,1 M diluido previamente a 1:4.• Se introducen los electrodos de referencia y lectura, y la sonda de temperatura en la muestra con el ISA, que debe mantenerse en agitación constante moderada. Cuando esté estable, se toma la lectura.• Si se prevén interferencias por cloro, para concentraciones esperadas de nitratos entre $1,4 \times 10^{-3}$ y 1,4 g N- NO_3/l, se coge una alícuota de 50 ml de la solución a medir y se añade 1 ml de un ISA 0,1 M al que se le hubiera añadido anteriormente 0,0343 g de Ag_2SO_4 por ml.

Fuente: (Jesús Fernández y María Dolores Curt s.f.)

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

Continuación....

Tabla 17. Nitrógeno Nítrico

Procedimiento	<ul style="list-style-type: none">• Si hay otro tipo de interferencias debe prepararse un ISA con eliminador de interferencias; el sulfato de aluminio elimina las de aniones orgánicos, el ácido bórico reduce la actividad bacteriana, al bajar el pH hasta 3- 4 elimina los carbonatos y bicarbonatos, el ácido sulfámico enmascara los nitratos. Un ISA con eliminador de interferencias podría ser el siguiente: 17,32 g de $Al_2(SO_4)_3$, 1,28 g de ácido bórico, 3,43 g de Ag_2SO_4 y 2,52 g de ácido sulfámico, disueltos en agua destilada; la disolución se lleva a pH 3 con H_2SO_4 o NaOH y se enrasa a 1 litro. Para la determinación de nitratos, se toma una alícuota de 50 ml de la muestra, a la que se añaden 10 ml de la disolución anterior; a continuación se procede a la lectura potenciométrica.
----------------------	--

Fuente: (Jesús Fernández y María Dolores Curt s.f.)

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

3.3.4.9 Nitrógeno amoniacal

Tabla 18. Nitrógeno amoniacal

Principio del proceso	El procedimiento propuesto es mediante electrodos selectivos acoplados a un potenciómetro, cuyo principio ha quedado explicado en el epígrafe anterior (determinación de nitratos); en este caso se utiliza un electrodo selectivo de amonio.
Reactivos	<ul style="list-style-type: none">• Patrón 100 ppm de N- NH_4 ($7,14 \times 10^{-3}$ M). Se prepara mediante 0,1909 g de NH_4Cl desecado, en 500 ml agua destilada. A partir de éste, se preparan los patrones de 10 y 1 ppm.

Fuente: (Jesús Fernández y María Dolores Curt s.f.)

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

Continuación....

Tabla 18. Nitrógeno amoniacal

Reactivos	<ul style="list-style-type: none">• NaOH 10 M: 200 g de NaOH en 500 ml de agua destilada.• Solución para reposo largo (1 noche a semanas): NH₄Cl 0,05 M. Preparación: 0,6681 g NH₄Cl desecado, en 250 ml de agua destilada.• Para reposo corto: 50 ml de patrón de 10 ppm de N-NH₄+ 0,5 ml NaOH 10 M.
Procedimiento	<ul style="list-style-type: none">• Se lleva una alícuota de 50 ml del agua a analizar a un vaso de precipitados de 100 ml.• Se añade una varilla agitadora (imán) y se somete la muestra a agitación moderada continua.• Se introduce el electrodo de amonio.• Se añade 0,5 ml de NaOH 10M y se procede a la lectura.

Fuente: (Jesús Fernández y María Dolores Curt s.f.)

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

3.3.4.10 Fósforo Total

Tabla 19. Fosforo total

Principio del proceso	El fósforo puede encontrarse en las aguas residuales disuelto o en partículas, ya sea en compuestos orgánicos o inorgánicos. Para liberar el fósforo que está combinado en la materia orgánica, es preciso someter la muestra de agua a un proceso de digestión ácida. Tras la digestión, el fósforo está en forma de ortofosfatos, que se determinan por métodos colorimétricos.
------------------------------	---

Fuente: (Jesús Fernández y María Dolores Curt s.f.)

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

Continuación....

Tabla 19. Fosforo total

Reactivos	<ul style="list-style-type: none">• Solución de ácido sulfúrico: Añadir cuidadosamente 30 ml de ácido sulfúrico concentrado a 60 ml de agua destilada y diluir a 100 ml.• Persulfato amónico, $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ - Hidróxido sódico NaOH 1N.• Indicador de fenolftaleína.• Solución de vanadato-molibdato amónico: se prepara en tres etapas; por un lado, se disuelven 25 g de $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \times 4\text{H}_2\text{O}$ en 400 ml de agua destilada; por otro lado, se disuelven 1.25 g de vanadato molibdato en 300 ml de agua destilada caliente, se deja enfriar la disolución y se añaden 250 ml de HNO_3 concentrado. Finalmente, las dos disoluciones se mezclan y se llevan a 1 litro.• Patrón de 200 ppm de P. Se disuelven 0,8780 g de KH_2PO_4 desecado en 1 litro de agua destilada. A partir de este patrón se prepara un patrón de 20 ppm, que servirá para la calibración colorimétrica.
Procedimiento	<ul style="list-style-type: none">• Se introduce 50 ml de muestra homogeneizada en un matraz Erlenmeyer de 125 ml.• Se añade 1 ml de la solución de ácido sulfúrico.• Se añade 0,4 g de persulfato amónico.• Se lleva a ebullición, y se mantiene regularmente durante unos 45 minutos hasta tener un volumen final aproximado de 10 ml.• Se deja enfriar, y se añaden unos 10 ml de agua destilada y unas gotas del indicador fenolftaleína.

Fuente: (Jesús Fernández y María Dolores Curt s.f.)

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

Continuación....

Tabla 19. Fosforo total

Procedimiento	<ul style="list-style-type: none">• Se añade OHNa 1N hasta el viraje a coloración rosa de la fenolftaleína; la mezcla se decolora después añadiendo una gota de una disolución diluida de ácido sulfúrico.• Se lleva a 50 ml con agua destilada.• Se procede a la determinación de fósforo (ortofosfatos) siguiendo el método colorimétrico del vanadato-molibdato amónico. Las muestras digeridas deben diluirse convenientemente para que la concentración de fósforo final esté dentro del rango del método analítico.• Se lleva una alícuota de 5 ml de la muestra al matraz de 25 ml.• Se añaden 5 ml del reactivo vanadato-molibdato amónico.• Se enrasa a 25 ml con agua destilada.• Se agita bien la mezcla y se deja desarrollar el color durante 30 mn.• Se lee la absorbancia a 440 nm de longitud de onda.• Se procede de idéntica manera con alícuotas del patrón de 20 ppm de P, a fin de hallar una recta de calibración que comprenda el rango de 2 a 10 ppm de P.
Cálculos	<ul style="list-style-type: none">• $P \text{ (ppm)} = [\text{Absorbancia} \times K \times 25 \times F] / 5$• K: pendiente de la recta de calibración.• F: factor de dilución de la muestra.

Fuente: (Jesús Fernández y María Dolores Curt s.f.)

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

3.3.4.11 Análisis Microbiológico

Tabla 20. Análisis microbiológicos

<p>El análisis microbiológico de las aguas residuales comprende, como determinaciones básicas, los microorganismos totales, Coliformes totales y Coliformes fecales. Existen en el mercado medios de cultivo específicos para cada una de estas determinaciones, como los suministrados por la casa Millipore. A continuación se describe un método rutinario basado en estos medios de cultivo comerciales.</p>	
<p>Principios de proceso</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se trata de separar los microorganismos del agua por filtración a través de membranas filtrantes específicas y depositar las membranas con el residuo en cajas de Petri, que contienen un medio de cultivo específico para el crecimiento de los microorganismos que se desea determinar, en un soporte de papel de filtro. • Todo el material que se utiliza debe estar esterilizado con el objeto de que no exista contaminación externa. La esterilización del material se realiza en autoclave a 121°C durante 20 minutos. • Los medios de cultivo propuestos son líquidos ya que estos medios tienen más facilidad para penetrar en los poros de las membranas y bañar la superficie de las mismas.
<p>Medios de cultivo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se indican los nombres comerciales de los medios de cultivo comercializados por Millipore: • Medio de cultivo para el recuento de microorganismos totales: TGE (Tryptone Glucose Extract Broth). • Medio de cultivo para el recuento de coliformes totales: m-Endo Total Coliform Broth. • Medio de cultivo para el recuento de coliformes fecales: m-FC Broth.

Fuente: (Jesús Fernández y María Dolores Curt s.f.)

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

Continuación....

Tabla 20. Análisis microbiológicos

Procedimiento	<p>Se sigue la metodología de filtración sobre membranas, utilizando el medio de cultivo apropiado para el recuento de los distintos tipos de microorganismos. Para ello se toman inicialmente 10 ml de agua residual, se introducen en un matraz de 100 ml, y se enrasa con agua estéril. La dilución a realizar de la muestra depende del grado de contaminación esperado. Las etapas necesarias para los análisis microbiológicos son las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none">• Preparación de las placas Petri Se abre la placa Petri, que contiene un soporte absorbente estéril. Se abre una ampolla de 2 ml del medio adecuado y se vierte sobre el soporte absorbente, distribuyéndolo por toda la superficie.• Filtración de la muestra Se realiza en matraz kitasatos de vidrio sobre el que se sitúa un portafiltros de plástico dotado de disco filtrante de ésteres de celulosa con 0,45 μm de diámetro de poro. Se coloca la membrana en el filtro con la ayuda de unas pinzas esterilizadas. Se toman 10 ml de la muestra convenientemente diluida y se lleva al portafiltro. Se conecta la bomba de vacío, para filtrar la muestra. Los posibles microorganismos quedarán retenidos en el filtro. Se desconecta la bomba de vacío. Con las pinzas flameadas se toma el filtro y se coloca en la placa Petri preparada para la determinación microbiológica.
----------------------	--

Fuente: (Jesús Fernández y María Dolores Curt s.f.)

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

Continuación....

Tabla 20. Análisis microbiológicos

Procedimiento	<ul style="list-style-type: none">• Incubación y recuento de colonias La placa Petri conteniendo el disco filtrante con el residuo se lleva a estufa termostatzada a 37°C para la determinación de microorganismos totales y coliformes totales, o a 44,5°C para la de coliformes fecales, durante un período de 24 horas. Tras la incubación, se procede al recuento delas colonias formadas en cada disco filtrante, expresando los resultados en millones de microorganismos por litro de agua. El color de las colonias desarrolladas en los medios indicados varía según el microorganismo que se trate. Microorganismos totales: colonias de color amarillento. Coliformes totales: colonias rojizas con brillo verde metálico. Coliformes fecales: colonias de color azulado.
----------------------	---

Fuente: (Jesús Fernández y María Dolores Curt s.f.)

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

3.3.5 Método OECD 423 para peces

3.3.5.1 Principio de la Prueba

Los peces se exponen a la sustancia de ensayo preferiblemente durante un período de 96 horas. Las mortalidades son grabadas en 24, 48, 72 y 96 horas y las concentraciones que matan el 50 por ciento de los peces (LC50) se determinan en lo posible.

3.3.5.2 Información sobre la sustancia de Ensayo

Es necesario conocer la solubilidad en agua de la sustancia en las condiciones de la prueba.

Un método analítico fiable para la cuantificación de la sustancia en las soluciones de ensayo debe ser también disponible.

La información práctica incluye la fórmula estructural, la pureza de la sustancia, la estabilidad en el agua y la luz, pKa un, Pay, Presión de vapor y los resultados de un ensayo de biodegradabilidad fácil

La solubilidad y la presión de vapor pueden utilizarse para calcular la constante de Henry que indicará si las pérdidas que puede producir la sustancia de ensayo. (OCDE 1992)

3.3.5.3 Descripción del Método

- **Aparato**

Equipos de laboratorio y, sobre todo, es necesario lo siguiente:

(A) medidor de oxígeno;

(B) equipo para determinar la dureza del agua;

(C) dispositivo adecuado de regulación de la temperatura;

(D) recipientes de material químicamente inerte y de capacidad adecuada en relación con la carga recomendada. (Miliarium s.f.)

- **Selección de especies**

Una o más especies pueden utilizarse, la elección de ser a discreción del laboratorio de ensayo.

Se sugiere que las especies utilizadas pueden seleccionar sobre la base de criterios prácticos importantes tales como, por ejemplo, disponibilidad inmediata durante todo el año, la facilidad de mantenimiento, comodidad para el ensayo y cualesquiera factores económicos, biológicos o ecológicos pertinentes. Los peces deben estar en buena salud y libre de malformaciones visibles. (OCDE 1992)

- **Preparación de los peces**

Todos los peces deben ser obtenidos y mantenidos en el laboratorio durante al menos 12 días antes de que se utilicen para la prueba. Deben ser mantenidos en el agua de calidad para ser utilizados en la prueba durante al menos siete días inmediatamente antes de la prueba y en las siguientes condiciones:

Luz: 12 a 16 horas de fotoperiodo diario;

Temperatura: adecuado para la especie;

Concentración de oxígeno: al menos el 80 por ciento del valor de saturación del aire.

Alimentación: tres veces a la semana o al día hasta 24 horas antes de la prueba se ha iniciado.

Después de 48 horas en período de asentamiento, se registra la mortalidad y los siguientes criterios:

Mortalidad es superior al 10 por ciento de la población en siete días: se rechaza todo el lote.

Mortalidad de entre el 5 y el 10 por ciento de la población: la aclimatación continúa por siete días adicionales.

Mortalidad es inferior al 5 por ciento de la población: se acepta el lote.

- **Agua**

Se prefiere la buena calidad del agua natural o agua reconstituida, aunque el agua de bebida (sin cloro si es necesario) también se puede utilizar. Aguas con dureza total de entre 10 y 250 mg CaCO₃ por litro, y con un pH 6,0 a 8,5 son preferibles. Los reactivos utilizados para la preparación de agua reconstituida debe ser de calidad analítica y el agua desionizada o destilada debe ser de conductividad igual a o menor que 10 µS_{cm}-1. (OCDE 1992)

- **Las soluciones de ensayo**

Las soluciones de ensayo a las concentraciones elegidas se preparan por dilución de una solución madre. Los valores de soluciones de sustancias de baja solubilidad en agua pueden prepararse por dispersión ultrasónica u otros medios físicos apropiados. Si es necesario, vehículos tales como disolventes orgánicos, emulsionantes o dispersantes de baja toxicidad para los peces puede ser utilizado. Cuando se usan tales vehículos un control adicional debe ser expuesto a la misma concentración del vehículo que el utilizado en la solución más concentrada de la sustancia de ensayo. La concentración de disolventes orgánicos, emulsionantes o dispersantes no debe superar los 100mg / l.

La prueba debe realizarse sin ajustar el pH. Si hay evidencia de marcado cambio en el pH del agua del tanque después de la adición de la sustancia problema, se recomienda que la prueba sea repetida, ajustando el pH de la

solución madre a la del agua del tanque antes de la adición de la sustancia problema. Este ajuste del pH debe efectuarse de tal manera que la concentración de solución madre no se cambie en una medida significativa y que no halla reacción química o una precipitación causada por la sustancia problema. Se prefieren HCL y NaOH. (OCDE 1992)

3.3.5.4 Procedimiento

- **Condiciones de exposición**

Duración: preferiblemente 96 horas.

Carga: carga máxima de 1,0 g de pescado / litro para los ensayos estáticos y semiestáticos es recomendada; para sistemas de flujo libre se puede aceptar una carga más elevada.

Luz: 12 a 16 horas de fotoperiodo diario.

Temperatura: adecuado para la especie y constante dentro de un rango de 2 ° C.

Concentración de oxígeno: no menos del 60 por ciento del valor de saturación del aire. La aireación se puede utilizar a condición de que no conduce a una pérdida significativa de sustancia de ensayo.

Alimentación: ninguno.

Perturbación: perturbaciones que pueden cambiar el comportamiento de los peces deben ser evitados.

- **Número de peces**

Al menos 7 peces deben ser utilizados en cada concentración de ensayo y en los controles.

- **Las concentraciones de ensayo**

Al menos cinco concentraciones en una serie geométrica con un factor que no supere 2,2.

Un ensayo preliminar realizado correctamente antes de la prueba definitiva permite la elección del intervalo adecuado de concentración.

- **Observaciones**

Los peces se observarán al menos después de 24, 48, 72 y 96 horas. Los peces son considerados muertos si no hay movimiento visible (por ejemplo, los

movimientos de enmalle) y si el toque del pedúnculo caudal no produce reacción. Los peces muertos se retiran cuando se observan y se registra la mortalidad. Las observaciones a las tres y seis horas después del inicio de la prueba son necesarios. Se deben registrar las anomalías visibles (por ejemplo, pérdida de equilibrio, comportamiento natatorio, función respiratoria, pigmentación, etc.). Medición de pH, oxígeno disuelto y temperatura deben llevarse un control por lo menos diariamente. (OCDE 1992)

- **Ensayo límite**

Un ensayo límite se puede realizar en 100 mg (ingrediente activo) / l con el fin de demostrar que la CL50 es mayor que esta concentración. La prueba de límite debe ser realizada utilizando un mínimo de 7 pecados, con el mismo número en el control.

Teoría binomial indica que cuando se utilizan 10 peces con la mortalidad cero, hay una confianza del 99,9%, la CL50 es mayor en 100 mg / l. que con 7, 8 o 9 peces, la ausencia de mortalidad proporciona una confianza de al menos el 99% que la CL50. Si aparece mortalidad, un estudio completo debe llevarse a cabo. Si se observan efectos subletales, estos deben ser grabados. (OCDE 1992)

3.3.5.5 Datos e Informes

- **Tratamiento de los resultados**

El porcentaje de mortalidad acumulada para cada periodo de exposición se representa frente a la concentración en papel de probabilidad logarítmica. Se emplean entonces métodos estadísticos para calcular la CL50 para el período de exposición apropiado. Los límites de confianza ($p = 0,95$) para los valores calculados del CL50 se determinan utilizando procedimientos estándar.

Cuando los datos obtenidos son inadecuados para el uso de métodos estándar de cálculo de la CL50, la concentración más alta que no cause mortalidad y la más baja concentración de la producción de 100 por ciento de mortalidad se debe utilizar como una aproximación para la CL50 (lo que se considera la media geométrica de estas dos concentraciones).

- **Informe de prueba**

El informe del ensayo debe incluir la siguiente información:

Sustancia de ensayo:

Naturaleza física y, cuando las propiedades relevantes, fisicoquímicas;

Datos de identificación.

Pez de ensayo:

Nombre científico, cepa, tamaño, proveedor, tratamiento previo eventual, etc.

Condiciones de la prueba:

Procedimiento de ensayo utilizado (por ejemplo, estática, semi-estática, de flujo continuo; aireación; carga de pescado; etc.).

Características de calidad del agua (pH, dureza, temperatura).

Concentración de oxígeno disuelto, valores de pH y la temperatura de las soluciones de ensayo a intervalos de 24 horas (en los sistemas semi-estática donde el pH debe medirse antes y después de la renovación del agua).

Métodos de preparación de las soluciones madre y de prueba.

Concentraciones utilizadas.

Información sobre las concentraciones de la sustancia de ensayo en las soluciones de ensayo.

Número de peces en cada solución de ensayo. (OCDE 1992)

4. Visualización del alcance del estudio

Este trabajo de titulación visualiza mecanismos y herramientas de análisis ecotoxicológicos para efluentes de agua dulce, los cuales aún no se encuentran descritos por la normativa ambiental vigente, innovando en el uso de estas técnicas, hacia los avances teóricos de la química ambiental, que se desarrolla en nuestro medio.

La comunidad universitaria se beneficia al contar con ensayos que proporcionan datos e información sobre evaluaciones químicas ambientales que se le realizaron al agua de descarga del efluente de la laguna de maduración de la planta de tratamiento de aguas residuales de Portoviejo.

Este estudio se encamina hacia la incorporación de nuevas técnicas y proyectos que ayuden a definir parámetros para este tipo de análisis en agua de efluente, al obtener resultado sobre los índices de toxicidad, se podrá describir y establecer el impacto potencial que tendría esta agua a una escala mayor, para lo cual es necesario seguir realizando estudios o ensayos de monitoreo de los efectos del agua en los diversos modelos biológicos durante periodos de tiempo más extensos.

5. Elaboración de hipótesis y definición de variables

5.1 Hipótesis

El agua del efluente de la laguna de maduración de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Portoviejo, bajo análisis Químicos-Ambientales, puede generar impactos en modelos biológicos, valorando sus efectos letales, subletales y su relación dosis-respuesta.

5.2 Variables y su Operacionalización

5.2.1 Variable independiente

El agua del efluente de la laguna de maduración de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Portoviejo, bajo análisis Químicos-Ambientales, genera impactos en modelos biológicos

5.2.1.1 Operacionalización.

Conceptualización	Categoría	Indicador	Ítems	Técnica
El efluente de la laguna de maduración de la Planta de tratamientos de agua residuales de Portoviejo es utilizada como agua de riego en sembríos	Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos	<ul style="list-style-type: none"> • pH • Temperatura • Oxígeno Disuelto • Salinidad • Alcalinidad • TDS • Amonio • Hierro • Calcio • Sulfatos • Magnesio • Conductividad • Coliformes Fecales 	Comparar los valores obtenidos en la investigación con los valores permisibles ante la ley	Análisis de Laboratorio
	Ensayos Ecotoxicológicos	<ul style="list-style-type: none"> • Muerte del 50% de la población 	Estadísticas basadas en correlación lineal	Pruebas de Toxicidad (Hodgson y Levi, 1997) OECD TG 423
Autores: Brayan Zambrano y Lisbeth Macías				

5.2.2 Variable dependiente

Valoración de los efectos letales, subletales y su relación dosis-respuesta.

5.2.2.1 Operacionalización

Conceptualización	Categoría	Indicador	Ítems	Técnica
Los xenofóbicos causan muchos efectos al ecosistema, por eso es imprescindible evaluar estos efectos letales y subletales su relación de dosis – respuesta para determinar los efectos reales al ecosistema.	CL 50/DL 50	Muerte del 50% de la población	10 peces guppy por muestra de dosis, por triplicado.	Pruebas de Toxicidad (Hodgson y Levi, 1997) OECD TG 423
	Efectos letales / subletales.	Verificar efectos de movilidad y morbilidad de las especies	Estadísticas basados en correlación lineal	Pruebas de Toxicidad (Hodgson y Levi, 1997) OECD TG 423
Autores: Brayan Zambrano y Lisbeth Macías				

6. Desarrollo del Diseño de Investigación

6.1 Objetivos

6.1.1 Objetivo general

Evaluar mediante ensayos Físicos, Químicos, Microbiológicos y Ecotoxicológicos el efluente proveniente de la laguna de maduración de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Portoviejo.

6.1.2 Objetivos específicos

- Caracterizar el efluente proveniente de la laguna de maduración de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Portoviejo.
- Analizar los resultados de la caracterización Físico, Química y Microbiológica del efluente proveniente de la laguna de maduración de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Portoviejo en relación a la Norma Ambiental vigente.
- Determinar mediante ensayos Ecotoxicológicos el impacto del efluente proveniente de la laguna de maduración de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales utilizando el modelo biológico del pez guppy.
- Determinar los efectos letales y subletales del efluente proveniente de la laguna de maduración de la planta de tratamiento de aguas residuales de Portoviejo.

6.2 Campo de Acción

La utilización de ensayos basados en protocolos ecotoxicológicos para determinar rangos de letalidad y subletalidad del agua proveniente de la descarga del efluente de la laguna de maduración de la planta de tratamiento de aguas residuales de Portoviejo está basado en líneas de investigación relacionadas a la química ambiental, como una herramienta más en la determinación de compuestos tóxicos en agua contaminada y que así mismo es parte de la formación de los ingenieros químicos.

7. Definición y selección de la muestra

En base a los objetivos planteados a continuación se detallan los mecanismos para muestreo y experimentación de los ensayos ecotoxicológicos en el agua del efluente de la laguna de la planta de tratamiento de aguas residuales.

La obtención de la muestra se realizó directamente en la descarga del efluente de la laguna de maduración de la planta de tratamiento de aguas residuales al río Portoviejo en un recipiente esterilizado, se tomaron diez litros de muestra para las tres réplicas del ensayo Ecotoxicológico.

Figura 13: Toma de la muestra



Fuente: Macías L; Zambrano B. 2015

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

7.1 Preparación del agua control y del agua de muestreo

El agua control que se utilizó fue agua de buena calidad (agua de beber) previamente descolorada y la cual se dejó en reposo durante 4 días antes de empezar el respectivo ensayo.

El agua de muestreo se tomó del efluente de salida de la laguna de maduración de la planta de tratamiento de aguas residuales de Portoviejo, esta agua también fue sometida a pruebas para conocer sus características. El tipo de muestreo utilizado es el Puntual o simple en el cual la muestra ha sido recolectada en la salida del efluente hasta obtener la cantidad necesaria y llevada con cuidado al laboratorio.

Para la obtención, acondicionamiento y traslado de la muestra nos basamos en el libro de ensayos y métodos de evaluación de calidad de las aguas, editado por Gabriela Castillo Morales en México durante el año 2004.

7.1.1 Muestra

Se tomó la muestra del efluente de salida de la laguna de maduración de la planta de tratamiento de aguas residuales de Portoviejo el día lunes 29 de junio del 2015 a partir de las 11 de la mañana ya que es en ese momento en el cual la descarga del efluente tiene un mayor caudal, como se evidencia en la figura 13. La salida del efluente se encuentra ubicado a un costado de la autopista Manabí Guillen (paso lateral) entre la Av. 5 de Junio y Calle Las Piedras frente a la clínica de diálisis Metrodial.

7.1.2 Muestreo

Se recolectó la muestra en material de vidrio una cantidad de 10 litros para realizar los respectivos ensayos, la muestra fue transportada de la mejor manera posible al laboratorio, no hubo necesidad de almacenarla debido a que se utilizó inmediatamente en los ensayos, puesto que es una agua residual recién tratada con microorganismos se asume que no contiene cloro, pero de todas maneras se verificó esto. La muestra se dejó en reposo una hora para empezar el ensayo.

7.2 Diseño metodológico

El presente ensayo nos ayudó a definir el grado de toxicidad que tiene la muestra utilizada, donde el modelo experimental (pez guppy) fue colocado en el agua de muestra, la cual le proporciono un hábitat diferente al que había sido acostumbrado, durante un periodo de 4 días en los cuales se tomaron datos a las 24, 48, 72 y 96 horas respectivamente para determinar el grado de mortalidad de la muestra antes mencionada. El ensayo estuvo basado en Pruebas de Toxicidad (Hodgson y Levi, 1997) OECD TG 423.

7.2.1 Métodos

Dentro de los diferentes métodos que se utilizaron para la ejecución de la investigación se encuentran:

Método experimental: se experimentó con un modelo biológico el cual fue sometido a un proceso de adaptación para después cambiarle el hábitat y así determinar la posible toxicidad de la muestra obteniendo resultados y siendo analizados posteriormente.

Método estadístico: Para tabular, presentar e interpretar los datos surgidos de la investigación, se emplearon, los métodos de recolección, descripción, visualización y resumen de datos originados a partir de los fenómenos de estudio. Los datos después de ser procesados, fueron representados en forma de tablas y gráficos mediante la utilización del Microsoft Excel 2013 por diferentes métodos como el Probit, y de estimación gráfica.

7.3 Análisis estadístico del ensayo

Para analizar los resultados se utilizaron el método Probit y el método de estimación gráfica. Ambos métodos basan su análisis estadístico en factores de correlación estadístico, los cuales vinculan las posibles variables en una expresión matemática correspondiente al modelo de regresión lineal. Estos tipos de métodos son muy utilizados en la determinación de valores de concentración de compuestos o soluciones desconocidas en la química ambiental.

El método permite determinar la proporción de población u otros elementos que resultarán afectados a consecuencia del accidente en un punto dado. Consiste en asociar la probabilidad de un daño, con unas determinadas unidades Probit. El resultado es una curva de estas características:

El valor de la "variable Probit" se determina por la expresión:

$$Y = K1 + K2 \cdot \ln V$$

Donde V es la variable física representativa del accidente y K1 y K2 son unas constantes

También se utilizó el método de estimación gráfica el cual considera los valores o resultados obtenidos durante la práctica. Para ello se realiza una tabla

con los valores de las diferentes concentraciones de la muestra utilizada vs la cantidad de muertes de los modelos biológicos para poder calcular el porcentaje de mortalidad en cada concentración. En el gráfico el valor de CL50 va a corresponder al que corte la curva graficada.

7.4 Materiales y recursos

- Laboratorio de Ecotoxicología y laboratorio de Química en la carrera de Ingeniería Química de la Universidad Técnica de Manabí.
- Modelo biológico experimental (Peces Guppy)
- Recipientes de vidrios para el muestreo
- 15 vasos de precipitación de 1000 ml
- 2 probetas de 1000 ml
- Ambiente adecuado en el laboratorio.

8. Recolección de datos

8.1 Descripción del ensayo

8.1.1 Caracterización de la muestra.

A la muestra se le determinó el valor de pH. Se procedió a leer el valor del pH cuando la lectura se estabilizó en el pH-metro. La conductividad al igual el pH se determinó con un equipo diseñado para tal efecto que es el conductímetro, tanto el pH como la conductividad dependen de la temperatura y en ambos equipos se pudo tomar la temperatura. Para determinar los sólidos en suspensión Se filtra una muestra previamente homogeneizada, mediante un filtro estándar de fibra de vidrio (Whatman 934-AH; tamaño de retención de partículas de 1.5 μm), previamente tarado en seco. El residuo retenido en el mismo se seca a peso constante a 103 - 105° C. El aumento de peso de filtro representa los sólidos totales en suspensión. Los sólidos sedimentables se pueden determinar llenando un cono de Imhoff con la muestra bien homogeneizada, hasta la marca de 1 litro, se deja sedimentar durante 45 minutos, removiendo a continuación suavemente las paredes del cono con una varilla o mediante rotación, lo mantenemos durante 15 minutos más. Se registra el volumen de sólidos sedimentados en la parte inferior del cono. La determinación se expresa en mililitros de partículas sedimentadas por litro de muestra.

Para determinar el DQO se enciende una placa calefactora, se pesan 0,44 g de HgSO_4 en matraz para reflujo de 100 ml, se colocan unas bolitas de vidrio en el matraz para favorecer la ebullición, se añaden 20 ml de muestra, se añaden lentamente 30 ml de la solución de sulfato de plata en ácido sulfúrico, con una pipeta de vertido, mezclando bien para disolver el HgSO_4 , y enfriar. Se añaden 12,5 ml de solución de dicromato de potásico 0,25 N y se mezclan bien todos los productos añadidos, se debe dejar enfriar. El conjunto se deja enfriar; el condensador del reflujo se lava con agua destilada, y después se separa el matraz del refrigerante. La muestra oxidada se diluye hasta 75 ml con agua destilada y se deja enfriar hasta temperatura ambiente. Se añaden unas 5 gotas del indicador ferroína. Se procede a valorar el exceso de dicromato con la sal de Mohr. El

punto final de análisis se toma cuando el color varía bruscamente de azul verdoso a pardo rojizo.

Para la determinación del DBO5 el agua de muestra fue dejada en reposo y a temperatura ambiente y agitarla para que sea una suspensión homogénea y no haya errores en la medida. Se usan frascos de Warburg que se llenan con agua residual y con diluciones del agua residual con agua destilada. A cada frasco se les añade un núcleo de agitación y un tapón, que posee un reservorio para añadir el NaOH, pero sin cerrarlo del todo. Estos frascos se introducen dentro de la incubadora que estará a 20 °C durante un tiempo, para que estén a esa temperatura cuando se realice la medida. Una vez que la temperatura es de 20 °C, los frascos se tapan y se ajusta a cero en la escala. Se deja durante 5 días en la oscuridad y agitándose. Al finalizar la medida se observa en la escala la marca del mercurio y se hacen los cálculos pertinentes, teniendo en cuenta la cantidad de muestra introducida y las diluciones, para conocer los mgO₂/l, que vienen dados por el tipo de frasco de Warburg. El tiempo estimado para atemperar la muestra a 20 °C es más o menos una hora, siendo el volumen de agua residual dependiente de la carga orgánica de la muestra de agua residual a analizar. A su vez se realizaron pruebas de nitrógeno total, nítrico y amoniacal, pruebas de fosforo total y análisis microbiológicos, entre otros.

8.1.2 Método OECD 423 Para Peces

La especie utilizada fue el pez guppy combinándolos entre hembras y machos en edad adulta. Los peces fueron adquiridos en una tienda de mascotas, se le han dado las condiciones óptimas para la sobrevivencia (agua óptima, comida necesaria, temperatura ambiente y una respectiva aireación.).

Se utilizaron 7 peces por dosis a ensayar. A su vez se realizaron 3 réplicas de 5 concentraciones, las mismas que fueron al 0%, 25% 50% 75% y 100%. Se entiende que la concentración al 0% es el agua control, el agua ideal donde han sobrevivido los peces durante un periodo de 1 mes, al 25% (25% de la muestra y 75% del agua control), al 50% (50 % de la muestra y 50% del agua control), al 75% (75 % de la muestra y 25% del agua control), al 100%, es la concentración total de la muestra.

Para la concentración al 100% se necesitara 1 litro de la muestra, al 75% se necesitaron 0,75% de la muestra, al 50% se necesitaron 0,5 litros de la muestra, al 25% se necesitaron 0,25 litros de la muestra. Sumando los valores nos da como resultado que se necesitaron 2,5 litros de la muestra para el ensayo por cada replica y como son tres replicas se utilizaron 7,5 litro de la muestra en total para el ensayo completo.

Los 7 peces se colocaron al mismo tiempo en cada uno de los recipientes que contienen las dosis. A partir de ese momento se debió tener paciencia para esperar y observar lo que le pueda ocurrir a los modelos experimentales, se anotaron resultados a las 24 horas, 48 horas, 72 y 96 horas.

9. Análisis de los datos

Para los resultados de los análisis físicos químicos y microbiológicos de la muestra nos basamos en los datos obtenidos de los ensayos realizados por los técnicos encargados del laboratorio de la planta de tratamiento de aguas residuales de Portoviejo.

Todos los análisis realizados al agua proveniente de la laguna de maduración de la planta de tratamiento de aguas residuales de Portoviejo, están basados en los valores estimados en el anexo IV del texto unificado de la legislación ambiental secundaria de la norma ambiental vigente del Ecuador., la cual establece los rangos mínimos y máximos para cada uno de los análisis realizados.

Gráfico 13. Análisis de laboratorio



Fuente: Macías L; Zambrano B. 2015

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

En la siguiente tabla se manifiestan los resultados de los análisis realizados al agua de descarga del efluente de la laguna de maduración de la Planta de tratamiento de aguas residuales de Portoviejo por parte de la institución en los cuales se aprecian los parámetros analizados los rangos permisibles y los datos obtenidos de los análisis por días, comprendidos en el mes de junio del 2015.

Tabla 21. Resultados de los análisis del mes de junio del 2015 al agua de descarga del efluente de la laguna de maduración de la Planta de tratamiento de aguas residuales de Portoviejo.

PARÁMETROS	NORMA TECNICA AMBIENTAL OBLIGATORIA DE DESCARGA DE EFLUENTES A UN CUERPO DE AGUA RECEPTOR: AGUA DULCE (RIO PORTOVIJEJO)	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M
		2	3	4	5	8	9	10	11	12	15	16	17	18	19	22	23	24	25	26	29	30
FÍSICOS																						
COLOR (Unidades de color)	INAPRECIABLE DIL. 1/20	Inap.		Inap.		Inap.	Inap.	Inap.														
CONDUCTIBILIDAD (µs/cm)	NO FIJA LIMITES	1099	1076	1056	1060	1088	1093	1055	1103	C	1006	1059	1085	1078	1080	1061	1100	1145		1093	1104	1121
MATERIA FLOTANTE, MF	AUSENCIA	Aus.		Aus.	F	Aus.	Aus.	Aus.														
MINERALIZACIÓN (mg/L)	NO FIJA LIMITES	833,6	816,2	801,0	804,1	825,3	829,1	800,3	836,7	O	763,1	803,3	823,0	817,7	819,2	804,8	834,4	868,5	E	829,1	837,4	850,3
OXIGENO DISUELTUO, LDO (mg/L)	NO MENOR A 6 mg/l	8,5	8,6	10,1	9,2	9,9	9,1	8,8	7,9		7,6	7,5	9,0	9,6	9,0	9,1	9,2	9,2	R	8,7	8,8	9,0
pH	5.0 - 9.0	7,9	7,7	7,5	7,6	7,8	7,8	7,5	7,9	N	7,2	7,6	7,8	7,7	7,7	7,9	8,2	8,2	I	7,8	7,9	8,0
SALINIDAD (%)	NO FIJA LIMITES	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,6		0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6	A	0,6	0,6	0,6
SÓLIDOS TOTALES, ST (mg/L)	1600 mg/l	588,4	584,7	573,8	576,0	578,0	580,7	560,5	586,0	V	553,6	582,8	597,1	577,2	578,3	560,0	580,6	604,3	D	576,9	582,7	591,7
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS, STD (mg/L)	NO FIJA LIMITES	536,1	524,9	515,1	517,1	530,7	533,2	514,6	538,0		490,7	516,6	529,3	525,9	526,8	517,6	536,6	558,5	O	533,2	538,5	546,8
SÓLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS, STS (mg/L)	100 mg/l	52,3	59,8	58,7	58,9	47,3	47,5	45,9	48,0	I	62,9	66,2	67,8	51,3	51,4	42,4	44,0	45,8		43,7	44,2	44,8
SÓLIDOS SEDIMENTABLES, SS (mg/L)	1.00 mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		<0,1	<0,1	<0,1
TEMPERATURA, Tª (°C)	< 35 °C	27,2	27,6	27,1	27,2	27,6	27,1	27,1	27,6	V	25,8	27,2	27,8	27,6	27,7	27,2	27,5	27,4		26,5	26,4	25,9
QUÍMICOS																						
AMONIACO, NH ₃ (mg/L)	30.0 mg/l					19,4				E	18,0					18,9					19,7	
CLORUROS, Cl (mg/L)	1000 mg/l	85,2	83,4	83,8	84,1	86,3	86,7	83,7	87,5		74,5	78,4	80,4	79,9	88,5	87,0	90,2	93,9	P	89,6	90,5	91,9
COBRE, Cu (mg/L)	1.00 mg/l					0,0				N	0,0					0,0			R		0,0	
CROMO HEXA VALENTE, Cr (mg/L)	0.50 mg/l					0,1					0,1					0,1			O		0,1	
FLUORURO, F ⁻ (mg/L)	5.00 mg/l	<γ	C	<γ	V	<γ	<γ	<γ														
HIERRO, Fe (mg/L)	10.0 mg/l					0,2					0,2					0,2			I		0,2	
NITRATOS, NO ₃ (mg/L)	NO FIJA LIMITES					1,8				I	1,9					1,8			N		1,9	
NITRITOS, NO ₂ (mg/L)	NO FIJA LIMITES					8,4					8,2					8,5			C		8,8	
FOSFATOS, PO ₄ (mg/L)	10.0 mg/l					14,1				A	11,4					12,5			I		13,0	
SULFATO, SO ₄ (mg/L)	1000 mg/l					120,9					111,8					132,6			A		138,0	
SULFURO DE HIDROGENO, SH ₂ (mg/L)	0.50 mg/l	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	S	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	L	0,1	0,1	0,1
ORGÁNICOS - BIOLÓGICOS																						
DEMANDA BIOQ. DE OXÍGENO, DBO ₅ (mg/L)	100 mg/l					44,0					52,5					43,5					49,5	
DEMANDA QUÍM. DE OXÍGENO, DQO (mg/L)	200 mg/l					166,0					171,0					163,0					175,0	
MICROBIOLÓGICOS																						
COLIFORMES FECALES, CF (NMP/100 ml)	10 000					160					160					240					240	

Fuente: laboratorio de la PTAR. 2015

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

9.1 Caracterización del agua de descarga de la laguna de maduración de la PTAR

Para la caracterización del agua de la muestra del efluente de la laguna de maduración de la planta de tratamiento de aguas residuales de Portoviejo, los análisis fueron facilitados por los laboratorios de la Planta de tratamiento de agua residuales de Portoviejo, en estos resultados podemos observar que la mayoría de los parámetros se encuentran dentro de los valores que estipula la norma ambiental obligatoria de descarga de efluentes a un cuerpo receptor de agua dulce.

En estos análisis existen parámetros como la conductividad, la mineralización, entre otros, Para los cuales la norma ambiental no estipula límites porque son valores que no afectan directamente a la contaminación. En el caso de los sólidos sedimentables se obtiene un valor de 0,1 mg/l, cuando la norma dicta que el límite para ser descargada un efluente a un cuerpo de agua dulce es de 1 mg/l. El fluoruro también arrojó un valor ($< \gamma$).

Los parámetros más importantes para determinar la contaminación del efluente son el color, los sólidos totales suspendidos que arrojó un valor de 44,2 mg/l. La demanda bioquímica de oxígeno y la demanda química de oxígeno también se encuentran con valores de 49,5 mg/l y 175 mg/l respectivamente.

La caracterización del efluente nos permite establecer una perspectiva adecuada sobre la contaminación del agua y a su vez definir si se utiliza la muestra a su concentración total o se realizan disoluciones considerables para el ensayo.

9.2 Análisis de los parámetros caracterizados en la descarga de la PTAR

Los parámetros que fueron caracterizados se encuentran bajo la norma ambiental obligatoria de descarga de efluentes a un cuerpo receptor de agua dulce.

Los siguientes datos corresponden a los valores de los análisis del día 29 de junio del 2015, día en que se recibió la muestra para los ensayos ecotoxicológicos.

Tabla 22. Resultados de los análisis al agua de descarga del efluente de la laguna de maduración de la planta de tratamiento de aguas residuales de Portoviejo, del día 29 de junio del 2015

PARAMETROS	NORMA TECNICA AMBIENTAL OBLIGATORIA DE DESCARGA DE EFLUENTES A UN CUERPO DE AGUA RECEPTOR: AGUA DULCE (RIO PORTOVIEJO)	Muestra
FISICOS		
COLOR (Unidades de color)	INAPRECIABLE DIL. 1/20	Inap.
CONDUCTIBILIDAD ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	NO FIJA LIMITES	1104
MATERIA FLOTANTE, MF	AUSENCIA	Aus.
MINERALIZACION (mg/L)	NO FIJA LIMITES	837,4
OXIGENO DISUELTO, LDO (mg/L)	NO MENOR A 6 mg/l	8,8
pH	5.0 - 9.0	7,9
SALINIDAD (‰)	NO FIJA LIMITES	0,6
SOLIDOS TOTALES, ST (mg/L)	1600 mg/l	582,7
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS, STD (mg/L)	NO FIJA LIMITES	538,5
SOLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS, STS (mg/L)	130 mg/l	44,2
SOLIDOS SEDIMENTABLES, SS (mg/L)	1.00 mg/l	< 0,1
TEMPERATURA, T ^a (°C)	< 35 °C	26,4
QUIMICOS		
AMONIACO, NH ₃ (mg/L)	30.0 mg/l	19,7
CLORUROS, Cl (mg/L)	1000 mg/l	90,5
COBRE, Cu (mg/L)	1.00 mg/l	0,0
CROMO HEXAVALENTE, Cr (mg/L)	0.50 mg/l	0,1
FLUORURO, F ⁻ (mg/L)	5.00 mg/l	< γ
HIERRO, Fe (mg/L)	10.0 mg/l	0,2
NITRATOS, NO ₃ (mg/L)	NO FIJA LIMITES	1,9
NITRITOS, NO ₂ (mg/L)	NO FIJA LIMITES	8,8
FOSFATOS, PO ₄ (mg/L)	10.0 mg/l	13,0
SULFATO, SO ₄ (mg/L)	1000 mg/l	138,0
SULFURO DE HIDROGENO, SH ₂ (mg/L)	0.50 mg/l	0,1
ORGANICOS - BIOLÓGICOS		
DEMANDA BIOQ. DE OXIGENO, DBO ₅ (mg/L)	100 mg/l	49,5
DEMANDA QUIM. DE OXIGENO, DQO (mg/L)	200 mg/l	175,0
MICROBIOLÓGICOS		
COLIFORMES FECALES, CF (NMP/100 ml)	10 000	240

Fuente: Laboratorio de la PTAR.

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

El color de la muestra se encuentra entre el rango de 1 a 20 unidades de color por lo que se determina que es inapreciable, la conductividad de la muestra nos dio un valor de 1104 $\mu\text{s}/\text{cm}$ este parámetro no se encuentra dentro de la norma ambiental.

La muestra se encuentra ausente de materia flotante, dentro de los parámetros analizados se encuentra la mineralización la cual no es un parámetro que la norma ambiental estipule medir, pero fue tomada en cuenta dentro de los análisis. Las normas ambientales no estipulan que el oxígeno disuelto sea un parámetro a medir en una descarga para un cuerpo de agua dulce, pero se realizó el análisis de oxígeno disuelto ya que se considera que es un factor determinante para la vida acuática.

El pH que es uno de los parámetros más críticos a considerar. El análisis realizado determina que el pH es de 7,9 y se encuentra dentro del rango (6 – 9) establecido por la norma ambiental.

La salinidad, los sólidos totales disueltos, los nitritos, nitratos son parámetros que se encuentran dentro de los análisis realizados ya que son importantes para determinar la calidad del agua descargada, pero no son parámetros que la norma de calidad ambiental y de descargas de efluentes para el recurso agua en el libro VI anexo 1 establezca realizar a un efluente de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Los sólidos totales según la norma debe estar en el rango límite de 1600 mg/l, los análisis realizados al agua de muestra arrojó un valor de 582 mg/l determinando que se encuentra dentro del rango. Los sólidos totales suspendidos con un límite de 130 mg/l y los sólidos sedimentables con límite de 1 mg/l según las normas ambientales, en los análisis realizados dieron valores de 44,2 mg/l y < 0,1 mg/l respectivamente, el valor negativo simplemente determina que el parámetro se encuentra en un rango menor al permitido, es decir es un valor aceptado dentro de las normas. La temperatura también se encuentra dentro de un rango permitido 26,4 °C.

Dentro de los parámetros químicos encontramos al amoníaco cuyo rango permitido es 30 mg/l y en el análisis de la muestra arrojó el valor de 19,7 mg/l, cloruros cuyo rango permitido es 1000 mg/l y en el análisis de la muestra arrojó un valor de 90,5 mg/l, el cobre cuyo rango permitido es 1 mg/l y en el análisis de la muestra arrojó un valor de 0 mg/l, el cromo hexavalente cuyo rango permitido es 0,5 mg/l y en el análisis de la muestra arrojó el valor de 0,1 mg/l, fluoruro cuyo rango permitido es 5 mg/l y en el análisis de la muestra arrojó el valor de <

γ mg/l, el símbolo Gamma ($<\gamma$) significa que el valor está por debajo del rango permisible. El hierro cuyo rango permitido es 10 mg/l y en el análisis de la muestra arrojó el valor de 0,2 mg/l, determinando que todos estos parámetros se encuentran dentro del rango permisible según la norma ambiental.

El fosfato no se encuentra dentro de las norma permisible ya que en los análisis se demostró que el agua es descargada con 13 mg/l cuando la norma establece que el rango permisible es de 10 mg /l. El sulfato y sulfuro de hidrogeno se encuentran dentro de los rangos permisibles según la norma ambiental con valores de 138 mg/l y 0,1 mg/l respectivamente.

Los parámetros de DQO y DBO5 demostraron que se encuentran dentro del rango permisible que el rango para el DQO es de 100 mg/l pero el análisis determinó un valor de 49,5 mg/l, mientras que para el DBO5 el rango es de 200 mg/l pero el análisis determinó un valor de 175 mg/l.

También en cuanto a Coliformes fecales el análisis determino solo 240 mg/l cuando la norma establece que el rango permisible es de 10000 mg/l.

9.3 Análisis de resultado mediante softwares estadísticos

9.3.1 Método Probit mediante el software Microsoft Excel

Tabla 23. Resultados de la exposición de los modelos biológicos a diferentes concentraciones.

Pez Guppy			
Dosis (ppm)	Muertos	Expuestos	%
-	1	21	4,8
25	4	21	19,0
50	10	21	47,6
75	14	21	66,7
100	16	21	76,2

Fuente: Macías L; Zambrano B. 2015

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

En el cuadro anterior se determinan la cantidad de modelos biológicos expuestos a diferentes dosis empleadas en el experimento, también se muestran

las cantidades de modelos biológicos muertos y son expresados en porcentajes para ya que es parte del método probit el cual facilita el análisis.

Gráfico 14. Modelos biológicos muertos



Fuente: Macías L; Zambrano B. 2015

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

Tabla 24. Resultados del número Probit.

Dosis %	Log dosis	% respuesta	Decimal	Normsinv	Probit
0	0,00	4,8	0,047619048	-1,66839119	3,33
25	1,40	19,0	0,190	-0,87614285	4,12
50	1,70	47,6	0,476	-0,0597171	4,94
75	1,88	66,7	0,667	0,4307273	5,43
100	2,00	76,2	0,762	0,71244303	5,71

Fuente: Macías L; Zambrano B. 2015

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

En el cuadro anterior se muestran las dosis aplicadas a los modelos biológicos en el experimento expresándolos en porcentajes, se determina el logaritmo de la dosis, el porcentaje de respuesta o las muertes de los modelos biológicos expresados en porcentajes se los lleva a cantidades decimales para luego obtener la desviación estándar que nos permitirá obtener el número Probit.

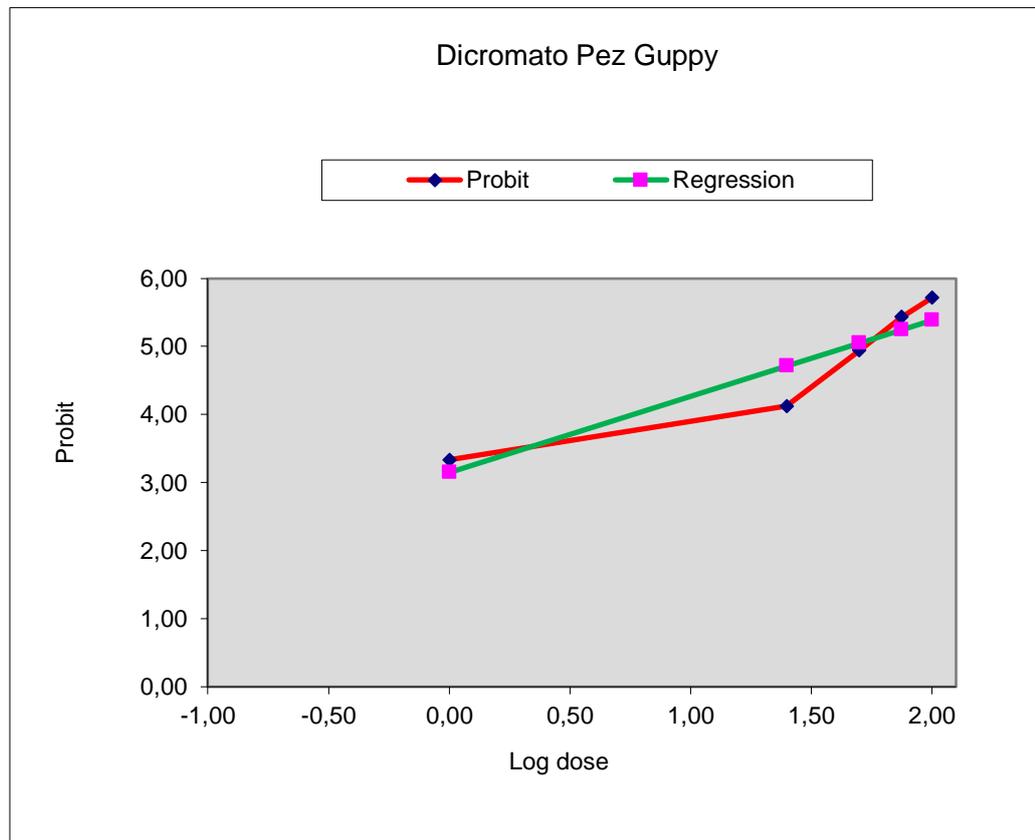
Tabla 25. Resultado de la regresión lineal.

For Plotting		
log dosis	Probit	Regresión
0,00	3,33	3,15
1,40	4,12	4,71
1,70	4,94	5,05
1,88	5,43	5,24
2,00	5,71	5,38

Fuente: Macías L; Zambrano B. 2015

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

Gráfico 15. Regresión lineal del modelo biológico durante el ensayo.



Fuente: Macías L; Zambrano B. 2015

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

Los datos evaluados una vez llevados al modelo de regresión lineal aplicado durante el ensayo de toxicidad aguda, demuestran una linealidad entre el log de la dosis y el número Probit. Los datos son valores continuos que se

obtuvieron directamente del ensayo. El log de la dosis corresponde a los valores de concentración del agua proveniente de la laguna de maduración de la planta de tratamiento de aguas residuales de Portoviejo en disoluciones realizadas en el laboratorio. Como se puede observar en el gráfico 15. El log de la dosis va en rangos desde 0 hasta 2, correspondiente con los datos evidenciados en la tabla 24. Así mismo el número Probit, está en una escala de 0 a 6, en concordancia con los datos de la tabla 24.

Una vez ejecutado el análisis de la regresión lineal para los datos expuestos, se obtuvo los valores de pendiente e intercepto, los cuales se evidencia en la tabla 25, los valores describen la ecuación de mejor ajuste para los datos evaluados, dando como resultado la siguiente expresión.

$$y = a + bx$$

$$y = 3,15 + 1,12x$$

Siendo el resultado una correlación positiva entre los datos evaluados, se describe que a medida que se incrementa el log de la dosis para el agua del ensayo, el número Probit, establece un incremento como variable respuesta. Es decir que mientras los valores del agua de efluente están cercanos al punto máximo de concentración, el índice de mortalidad aumenta, incrementando las probabilidades de encontrar C150 directamente proporcionales a la concentración del efluente.

Tabla 26. Resultado de la pendiente y el intercepto

Pendiente	1,12
intercepto	3,15

Fuente: Macías L; Zambrano B. 2015

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

La concentración letal 50 (cl50) queda establecida de acuerdo a los datos provenientes del análisis en el valor referencial al log de la dosis de 1,656. El cual al ser llevado a un valor porcentual, en base al diseño del estudio, como se hizo al principio, este representa el 45,286 % de la dosis.

Lo cual describe que la concentración del agua proveniente del efluente de la laguna de maduración de la planta de tratamiento de aguas residuales de Portoviejo a la concentración actual, representa un riesgo potencial de causar

impacto sobre el modelo biológico evaluado. Y reduciendo su nivel hasta el 45,286%, sigue siendo un valor de CI50 que genera mortalidad a estos niveles.

Tabla 27. Dosis letal 50.

logLD50=	1,656	log dosis
LD50=	45,286	dosis %

Fuente: Macías L; Zambrano B. 2015

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

9.3.2 Método Probit por medio del software statgraphics.

Para corroborar la información proveniente del análisis de los datos realizado en Excel, se llevó la información a el software statgraphics xv centurión. El cual describió los siguientes datos.

A continuación se presenta la regresión lineal simple entre el Probit 1 y el log de la dosis 1.

Variable dependiente: Probit 1

Variable independiente: log dosis 1

Lineal: $Y = a + b \cdot X$

Tabla 28. Coeficientes del Probit y log de la dosis

	Mínimos Cuadrados	Estándar	Estadístico	
Parámetro	Estimado	Error	T	Valor-P
Intercepto	3,1481	0,409203	7,69325	0,0046
Pendiente	1,11597	0,260008	4,29206	0,0233

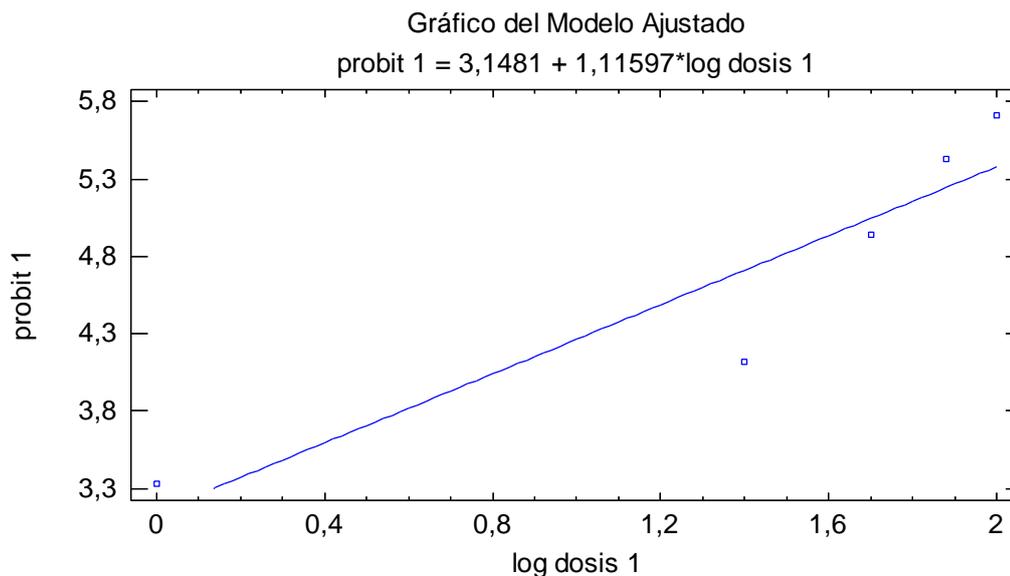
Fuente: Macías L; Zambrano B. 2015

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

La salida muestra los resultados de ajustar un modelo lineal para describir la relación entre Probit y log dosis. La ecuación del modelo ajustado es

$$\text{Probit} = 3,1481 + 1,11597 \cdot \log \text{ dosis}$$

Gráfico 16. Regresión lineal ajustada



Fuente: Macías L; Zambrano B. 2015

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

9.3.3 Análisis de la variabilidad bajo el método del Anova

Tabla 29. Análisis de Varianza

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	3,28823	1	3,28823	18,42	0,0233
Residuo	0,53549	3	0,178497		
Total (Corr.)	3,82372	4			

Fuente: Macías L; Zambrano B. 2015

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

- Coeficiente de Correlación = 0,927338
- R-cuadrada = 85,9956 por ciento
- R-cuadrado (ajustado para gl.) = 81,3274 por ciento
- Error estándar del est. = 0,422489
- Error absoluto medio = 0,278288
- Estadístico Durbin-Watson = 1,74961 (P=0,1593)
- Autocorrelación de residuos en retraso 1 = -0,00735376

Puesto que el valor-P en la tabla ANOVA es menor que 0,05, existe una relación estadísticamente significativa entre Probit 1 y log dosis 1 con un nivel de confianza del 95,0%.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo ajustado explica 85,9956% de la variabilidad en Probit 1. El coeficiente de correlación es igual a 0,927338, indicando una relación relativamente fuerte entre las variables. El error estándar del estimado indica que la desviación estándar de los residuos es 0,422489. Este valor puede usarse para construir límites de predicción para nuevas observaciones, seleccionando la opción de Pronósticos del menú de texto.

El error absoluto medio (MAE) de 0,278288 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) examina los residuos para determinar si hay alguna correlación significativa basada en el orden en el que se presentan en el archivo de datos. Puesto que el valor-P es mayor que 0,05, no hay indicación de una autocorrelación serial en los residuos con un nivel de confianza del 95,0%.

9.4 Determinación de efectos letales y subletales

Se observaron efectos subletales en algunos de los modelos biológicos como pérdida de equilibrio, enrojecimiento en la parte superior de la cabeza, torpeza al nadar, como se evidencia en el Grafico 15.

Tabla 30. Efectos subletales del modelo biológico

Concentración	Total	Muertos	Vivos	Efectos Subletales
0%	21	1	20	0
25%	21	3	17	1
50%	21	7	11	3
75%	21	1	7	13
100%	21	2	5	14

Fuente: Macías L; Zambrano B. 2015

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

Se puede apreciar que en las muestras evaluadas a la concentración 0% no evidenciaron ningún modelo biológico con efecto subletal, en la concentración al 25% tuvo un modelo biológico con efecto subletal, en la concentración 50% aparecieron 3 modelos biológicos con efecto subletal, en la concentración 75% aparecieron 13 modelos biológicos con efecto subletal, en la mayor

concentración 100% se evidencio la mayor cantidad de efectos subletales en 14 de los modelos biológicos.

Gráfico 17. Efectos subletales



Fuente: Macías L; Zambrano B. 2015

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

El efecto subletal condena al modelo biológico a la muerte, aunque el modelo biológico puede vivir un tiempo, tiempo en el que come y hasta puede reproducirse, estos modelos biológicos con efectos subletales son los más peligrosos ya que se mantienen vivos pero se encuentran afectados y llevan la contaminación a través de toda la cadena trófica y puede contaminar a otros animales.

10. Elaboración del reporte de resultados

10.1 Discusión

Los valores obtenidos de mortalidad para el agua de descarga del efluente de la laguna de maduración de la planta de tratamiento de aguas residuales fueron el resultado de los primeros ensayos ecotoxicológicos que se le han realizado a este efluente en particular, en base a la revisión bibliográfica realizada.

El agua de muestra tenía una coloración verdosa que nos hizo pensar a primera vista que la caracterización arrojaría valores mayores al rango permisible por la norma ambiental aunque tenía un olor casi imperceptible. Esto nos demostró que el color del agua no influye directamente con los valores de otros parámetros analizados, ya que los demás parámetros analizados para la caracterización estuvieron dentro del rango permisible por la norma ambiental. Es posible que la coloración verde se deba a la presencia de microalgas suspendidas en el agua evaluada.

Como ya se explicó la caracterización del agua nos demostró que los parámetros analizados se encuentran dentro de los rangos estipulados por la norma ambiental lo que nos da a entender que la posible causa de las muertes de la especie se debió a parámetros no analizados por las pruebas convencionales que se realizan al agua de este efluente como parte de su respectivo control de la calidad, como por ejemplo otras clases de metales pesados entre ellos como el cianuro, mercurio, níquel, plomo, entre otros. También una posible causa de la muerte de los modelos biológicos podría deberse a que el agua contenía residuos de sustancias tensoactivas.

10.2 Conclusiones

Se evaluó mediante ensayos físicos, químicos, microbiológicos y ecotoxicológicos el efluente proveniente de la laguna de maduración de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Portoviejo y a su vez se caracterizó para así determinar los rangos permisibles de este efluente, estos resultados obtenidos

en la mayoría de los parámetros se encuentran dentro de la norma ambiental obligatoria, a excepción del fosfato con 13 mg/l cuando el rango permitido es de 10 esto según la literatura significa que existirá mayor posibilidades de vida en esta agua, vida en la cual existe la posibilidad que se desarrollen bacterias perjudiciales para otro tipo de especies vivas.

La conductividad con 1104 mg/l, la mineralización con 837,4 mg/l, salinidad con 0,6 mg/l, solidos totales disueltos con 538,5 mg/l, nitratos con 1,9 mg/l y nitritos con 1,8 mg/l son parámetros que la norma ambiental obligatoria para descargar agua a una masa de agua dulce no estipulan rangos permisibles por lo que probablemente estén aportando con la contaminación del agua de la laguna de maduración y así afecte directamente al ecosistema provocando un desequilibrio en las formas de vida.

Todos los resultados dados en la caracterización Físico, Química y Microbiológica del efluente proveniente de la laguna de maduración de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Portoviejo que se realizó fueron analizados y comparados con la Norma Ambiental vigente en la cual se encuentra establecidos los rangos mínimos y máximos para cada uno de estos resultados de análisis entre estos parámetros encontramos el DBO5 con 49,5 mg/l y el DQO con 175 mg/l que son los dos parámetros más importantes al momento de determinar la contaminación de una agua residual, así podemos determinar que al existir un valor DBO5 bajo, frente a un valor de DQO mas alto existe la posibilidad que el agua contenga compuestos orgánicos recalcitrantes o algún tipo de toxicidad.

Mediante ensayos Ecotoxicológicos se determinó el impacto del efluente proveniente de la laguna de maduración de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales utilizando el modelo biológico del pez guppy y obteniendo resultados bajo el método de probit en el cual se determinó que el CL50 es de 45,286 % de la dosis, esto quiere decir que mientras más cerca se encuentre un parámetro al límite permisible mayor será el porcentaje de muerte por la afección provocada por las características de ésta agua. Por lo tanto la concentración del CL50 en la que se halla el agua del efluente representa un riesgo potencial que causa impacto sobre el modelo biológico evaluado.

Existieron efectos letales y subletales en los modelos biológicos utilizados en el ensayo ecotoxicológico realizado al efluente proveniente de la laguna de maduración de la planta de tratamiento de aguas residuales de Portoviejo tales como enrojecimiento en la parte superior de la cabeza y torpeza al nadar, los cuales fueron afectados de una u otra manera y permanecerán con esas afecciones durante el tiempo que les resta de vida, a su vez pueden reproducirse y heredar a sus descendientes las mismas anomalías y afectar a otras especies en el caso de que sean el alimento de otras especies.

10.3 Recomendaciones

Se recomienda hacer análisis más extensos donde se puedan identificar otros factores de incidencia, donde se puedan tomar muestras del efluente en otro espacio de tiempo y así determinar cuál es el cambio que ocurriría en el ensayo.

Se recomienda seguir con la investigación a otros niveles existentes en química ambiental y ecotoxicología, con nuevos modelos biológicos para obtener resultados más profundos.

Se recomienda que se hagan monitoreos no solo en el efluente sino en el río en general, para poder determinar cuál es el impacto y la dispersión de los contaminantes en el agua.

Se recomienda realizar análisis para caracterizar el efluente incluyendo más parámetros que no se tomaron en cuenta en esta investigación.

11. Presupuesto

Descripción	Costo en dólares
Movilización y transporte	\$180,00
Ensayos Ecotoxicológicos	\$1000,00
Análisis físico-químico y microbiológico de las muestras de agua del efluente proveniente de la laguna de maduración de la PTAR	\$1100,00
Internet, Impresiones, copias	\$200,00
Anillados y empastado	\$150,00
Gastos varios	\$600,00
TOTAL	\$3230,00

13. Bibliografía

- AcuarioAdictos. *Acuario Adictos*. 17 de marzo de 2012.
<http://acuarioadictos.com/poecilia-reticulata/>.
- Ambientum. *Ambientum.com*. s.f.
http://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/Determinacion_de_sulfatos.asp.
- amigos acuaristas, Maniacotas.com.AR, Acuario Fernández Sergio, Bressan, Luis A. *Enciclopedia Animal*. 12 de 09 de 2012.
<https://enciclopediaanimal.wordpress.com/el-guppy-poecilia/>.
- APHA (American Public Health Association). «Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th Edition. 1.134 pp.» 1999.
- Area gratuita. «Area Gratuita.» *Area Gratuita*. s.f.
http://www.areagratis.com/descargasmd/apuntes-trabajos/trabajos/quimica/descargar_aguas_residuales_urbanas.pdf.
- Bermudez Vera Diana Y Vera Zambrano Noelia. *Urkund*. 2013.
<https://secure.orkund.com/view/document/9813946-971938-608360/download>.
- Biólogo Ronald Eleazar Huarachi Olivera. *Ecotoxicología-Bioensayos*. 9 de mayo de 2011. <http://ecotoxicologia-bioensayos.blogspot.com/2011/05/laboratorio-de-ecotoxicologia.html>.
- Boris Arnaldo Mera Macias, entrevista de Brayan Zambrano - Lisbeth Macias. *Ing civil* (6 de 02 de 2015).
- Camila Velasquez. *blogspot*. 5 de 2012. <http://camilavelasquez.blogspot.com/2012/05/anatomia-y-fisiologia-de-los-guppies.html> (último acceso: 10 de agosto de 2015).
- Caspe. «Contaminantes organicos persistentes (COPs), la nocividad que no cesa.» *proteccion laboral* 69, 2011: 1.
- Diego Gerardo Alvarez Mendoza, entrevista de Brayan Zambrano - Lisbeth Macias. *Ingeniero Quimico* (30 de enero de 2015).
- Docslide. *Docslide*. s.f. <http://myslide.es/documents/3indice-global-de-contaminacion-organica.html>.

- Dra. Quim. Farm. Rosalína Valentina Moscoso Calle. *Determinación de la toxicidad por aluminio del efluente de la planta potabilizadora de el cebollar en el río Tomebamba utilizando bioensayos ecotoxicológicos.* Cuenca: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/20392/1/TESIS.pdf>, 2014.
- Estrucplan On Line. *Estrucplan.* s.f. <https://www.estrucplan.com.ar/Producciones/imprimir.asp?IdEntrega=831>.
- García Piloza Elena María y Reyes Saldarriaga Mayra. «Repositorio UTM.» *Repositorio UTM.* 2011. <http://repositorio.utm.edu.ec/bitstream/50000/5129/1/IQ2011-0006-0021.pdf>.
- Guadalupe Sánchez Rias y Giovana Vera Diego. «Manual Introductorio de Ecotoxicología Acuática.» *Repositorio digital Imarpe.* xx de 06 de 2001. <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe:8080/handle/123456789/1831?show=full>.
- IBQ Erick Lopez. *slideshare.* 2012. <http://es.slideshare.net/lobezno81/tratamiento-de-aguas-residuales-11206028>.
- INECC. «INECC.» *Instituto Nacional de ecología y cambio climático.* 17 de Agosto de 2009. <http://www.inecc.gob.mx/sqre-temas/766-sqre-eco>.
- Infoagro. *Infoagro.* s.f. http://www.infoagro.com/instrumentos_medida/doc_conductividad_electrica.asp?k=53.
- Ing. Ambiental. Gabriel Rojas Ríos. *Planta de tratamiento de aguas residuales. colonia Ignacio Allende., Municipio deCuapiaxtla. Tlaxcala.* 2011. <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/tlax/estudios/2012/29TX2012HD003.pdf>.
- Jesús Fernández y María Dolores Curt. *Red de Ciencias Tecnológicas y Marinas.* s.f. http://www.ciencias-marinas.uvigo.es/bibliografia_ambiental/outros/Manual%20de%20fitodepuracion/Capitulos%20Anexos1.pdf.

- Lcda. Mariela Casanova. «Introducción al sistema de tratamiento de aguas residuales de las lagunas de Portoviejo.» Portoviejo, 2008.
- Lenntech B.V. *Lenntech*. 24 de 05 de 2008.
<http://www.lenntech.es/periodica/medio-ambiente/efectos-ambientales.htm>.
- María Regla Pérez Capote - Caridad C. Rodríguez Torrez - Olga Sonia León Fernández - Susana Sam Rodríguez - Dalia Álvarez - Juana Castañeda y Jorge Luis Vega. *Evaluación Toxicológica de una Tintura de Propóleos*. Habana, Cuba, 2002.
- Mariano Seoanez Calvo. *Aguas residuales urbanas. Tratamientos naturales de bajo costo y aprovechamiento*. 1995.
- MARIN, R. «Análisis de aguas y.» 1995.
- Miguel Capó Martí. *Principios de ecotoxicología*. Tebar, 2007.
- Miliarium. *Miliarium*. s.f.
<http://www.miliarium.com/prontuario/MedioAmbiente/Aguas/AnalisisAgua.as.asp>.
- OCDE. *Orientación OCDE para las pruebas de los productos químicos*. Estados Unidos, 1992.
- oocities. *oocities.org*. s.f. http://www.oocities.org/mvz_jmtz/cadef.html.
- Paloma Sánchez Argüello. *Valoración Ecotoxicológica de la contaminación de origen agrario: Incorporación de bioensayos en los protocolos de evaluación del riesgo ambiental*. Madrid, Ecuador, 2002.
- Ponce Zambrano Liceth Janina. *Repositorio UTM*. 12 de 2012.
<http://repositorio.utm.edu.ec/bitstream/50000/14030/5/PONCE%20ZAMBRANO%20LICETH%20JANINA.pdf>.
- PrestaShop. *Acuariofacil.cl*. 2012.
http://www.acuariofacil.cl/ecarro/product.php?id_product=760.
- RUMP, H.H., KRIST, H. «Laboratory manual for the examination.» 1992.
- uclm. *uclm*. 1 de 04 de 2012.
http://www.uclm.es/users/higuera/MAM/Mineria_Toxicidad4.htm
 (último acceso: 10 de 8 de 2015).

Universidad de Barcelona. *Universidad de Barcelona*. s.f.
<http://www.ub.edu/stat/GrupsInnovacio/Statmedia/demo/Temas/Capitulo13/B0C13m1t10.htm>.

vaiioleta. *Buenastareas*. noviembre de 2010.
<http://www.buenastareas.com/ensayos/Bioacumulacion/1177852.html>.

vivapets. *vivapets*. 16 de 03 de 2015. <http://www.vivapets.es/raza/guppy/108>.

Wikipedia. 4 de septiembre de 2014.
http://es.wikipedia.org/wiki/Determinaci%C3%B3n_de_magnesio_en_anti%C3%A1cido.

wikipedia. *wikipedia*. 10 de julio de 2014. <http://es.wikipedia.org/wiki/CL50>.

14. Anexos

Toma de la muestra



Fuente: Macías L; Zambrano B. 2015

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015



Fuente: Macías L; Zambrano B. 2015

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

Adaptación de los modelos biológicos



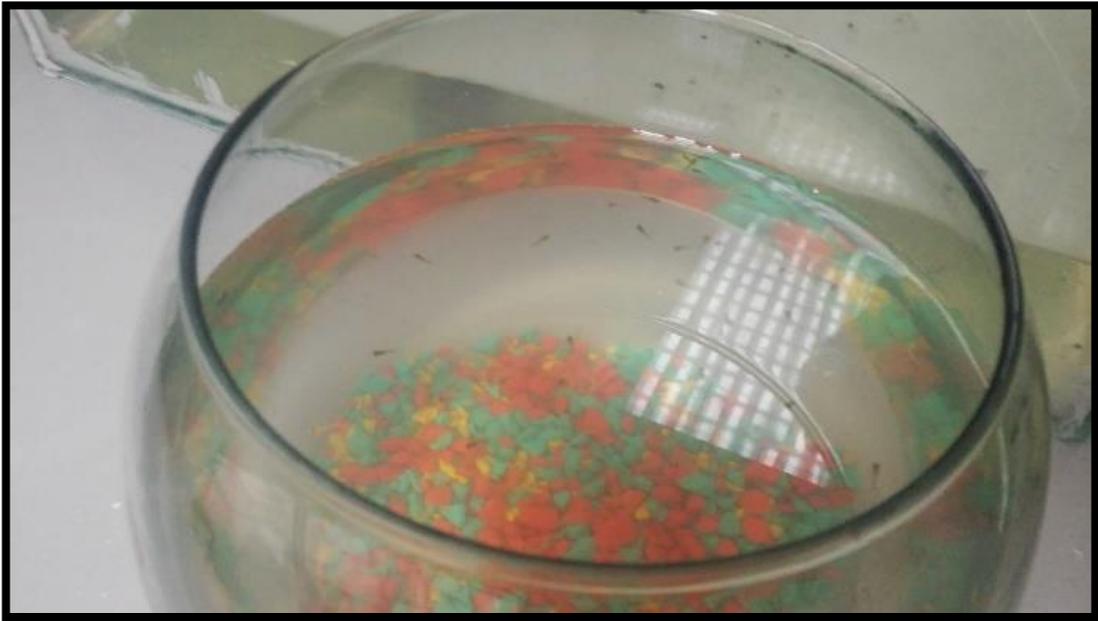
Fuente: Macías L; Zambrano B. 2015

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015



Fuente: Macías L; Zambrano B. 2015

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015



Fuente: Macías L; Zambrano B. 2015

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015



Fuente: Macías L; Zambrano B. 2015

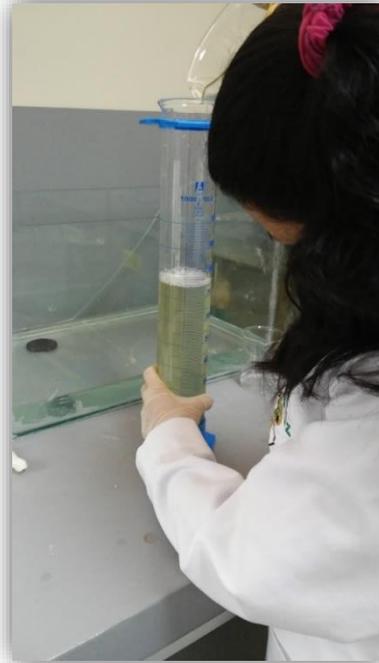
Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015



Fuente: Macías L; Zambrano B. 2015

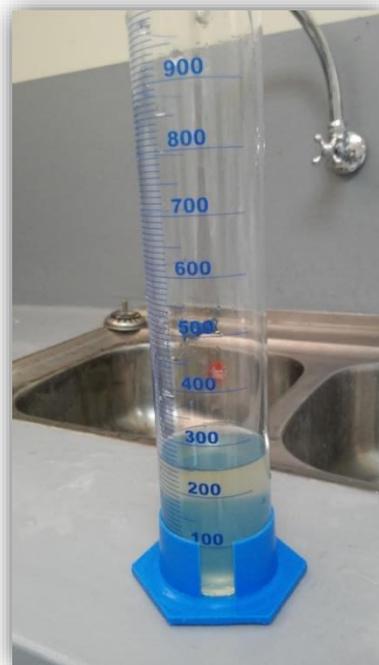
Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

Preparación de las concentraciones



Fuente: Macías L; Zambrano B. 2015

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015



Fuente: Macías L; Zambrano B. 2015

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015



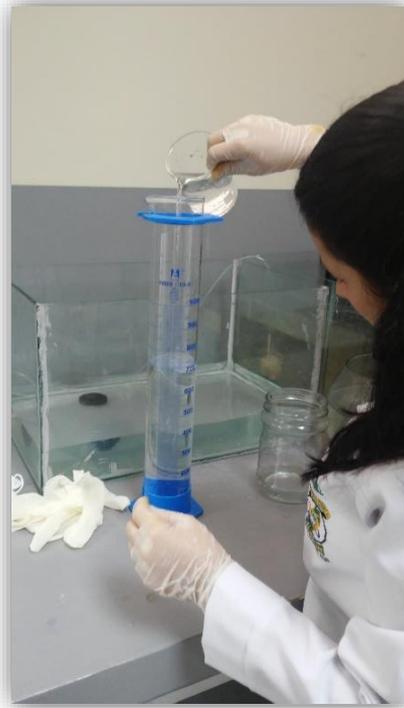
Fuente: Macías L; Zambrano B. 2015

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015



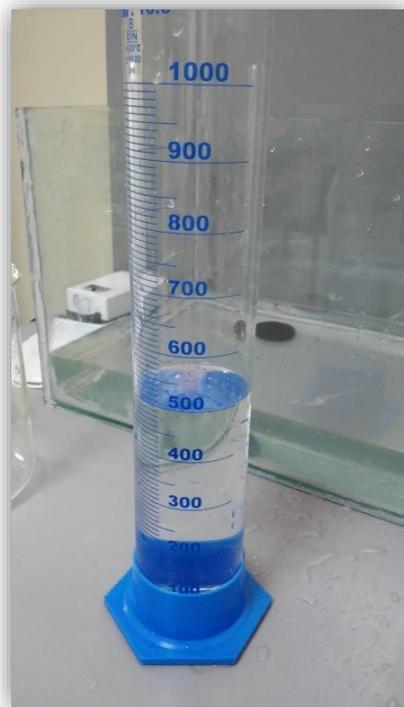
Fuente: Macías L; Zambrano B. 2015

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015



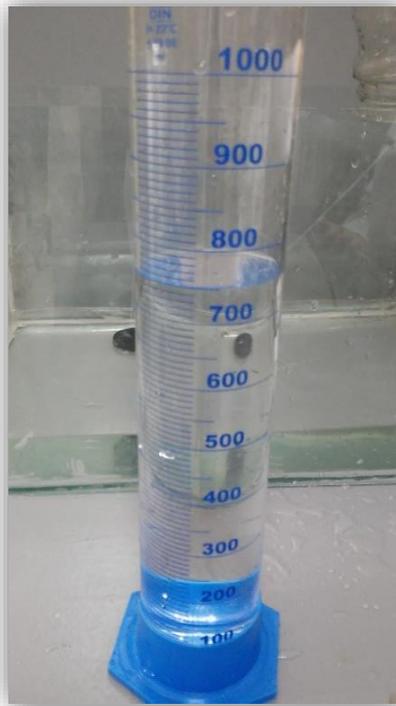
Fuente: Macías L; Zambrano B. 2015

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015



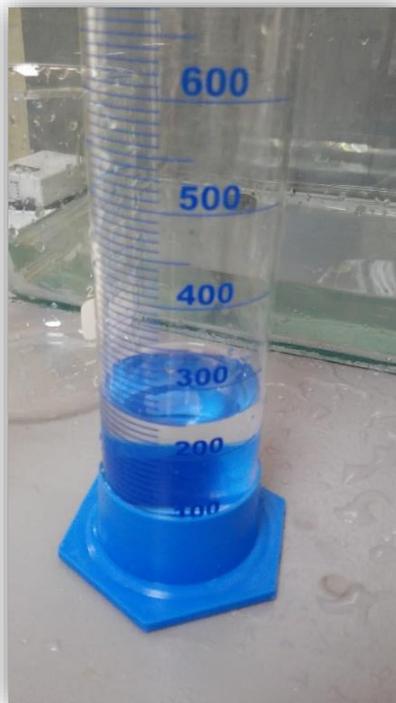
Fuente: Macías L; Zambrano B. 2015

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015



Fuente: Macías L; Zambrano B. 2015

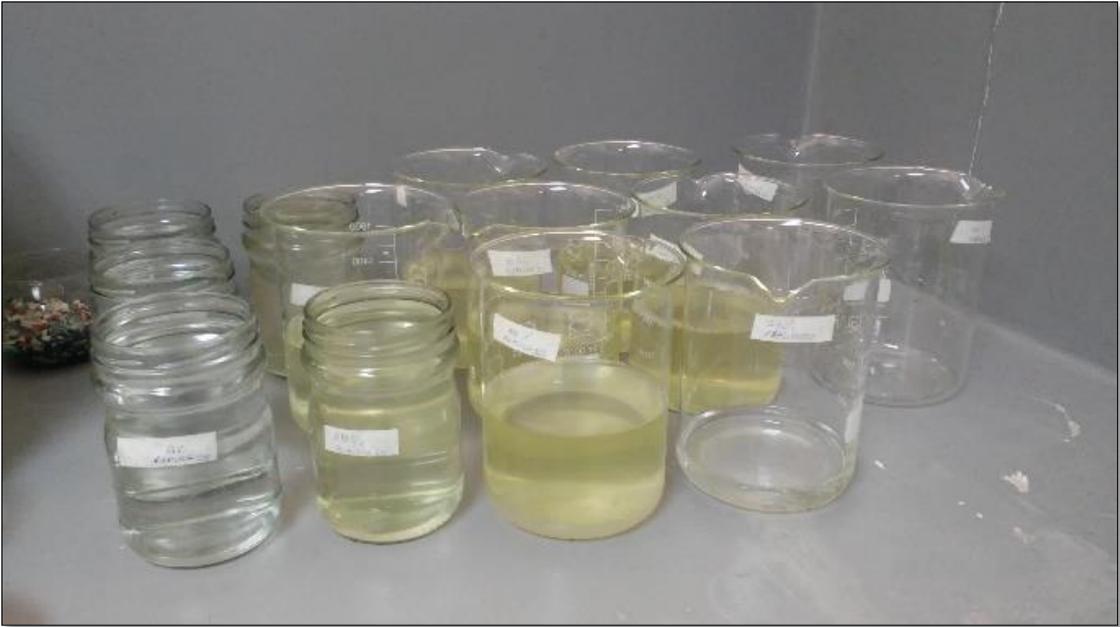
Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015



Fuente: Macías L; Zambrano B. 2015

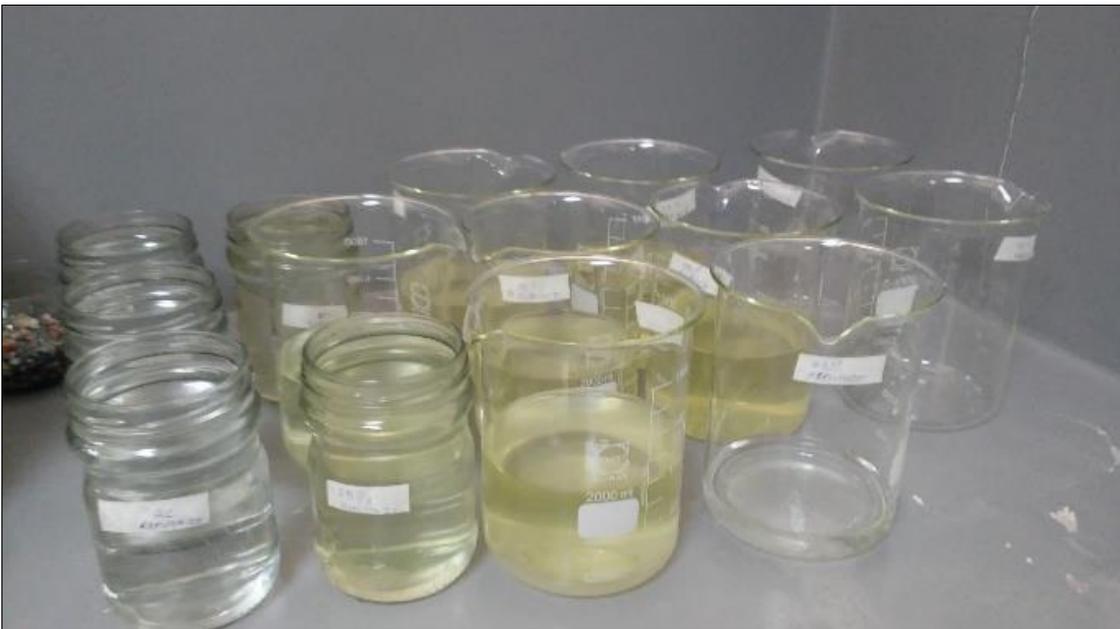
Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

Experimentación



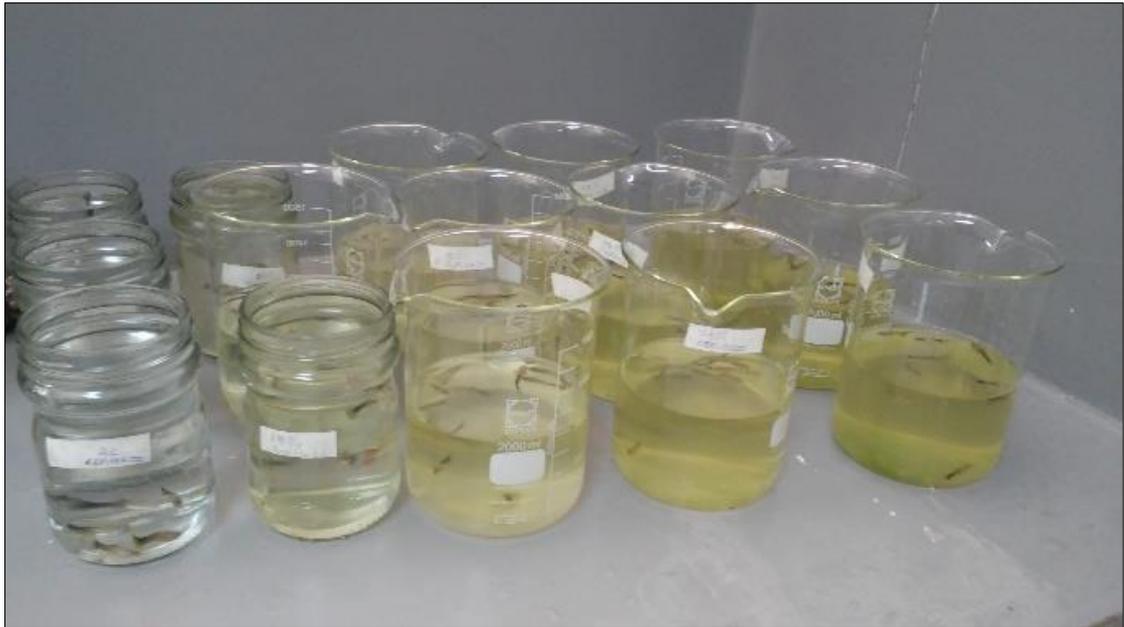
Fuente: Macías L; Zambrano B. 2015

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015



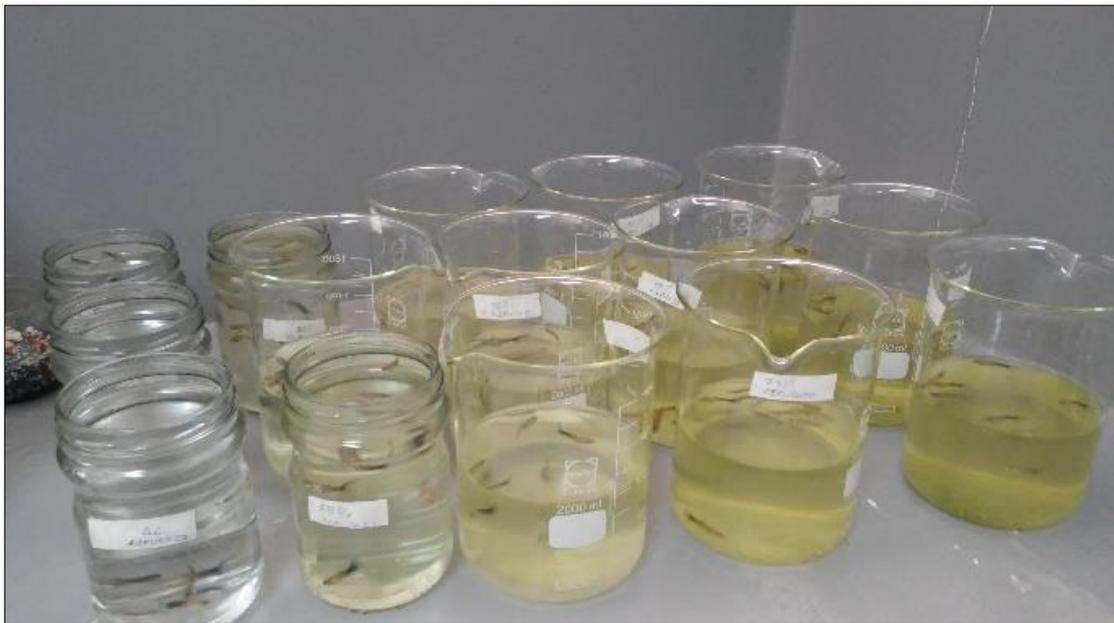
Fuente: Macías L; Zambrano B. 2015

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015



Fuente: Macías L; Zambrano B. 2015

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015



Fuente: Macías L; Zambrano B. 2015

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015



Fuente: Macías L; Zambrano B. 2015

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015



Fuente: Macías L; Zambrano B. 2015

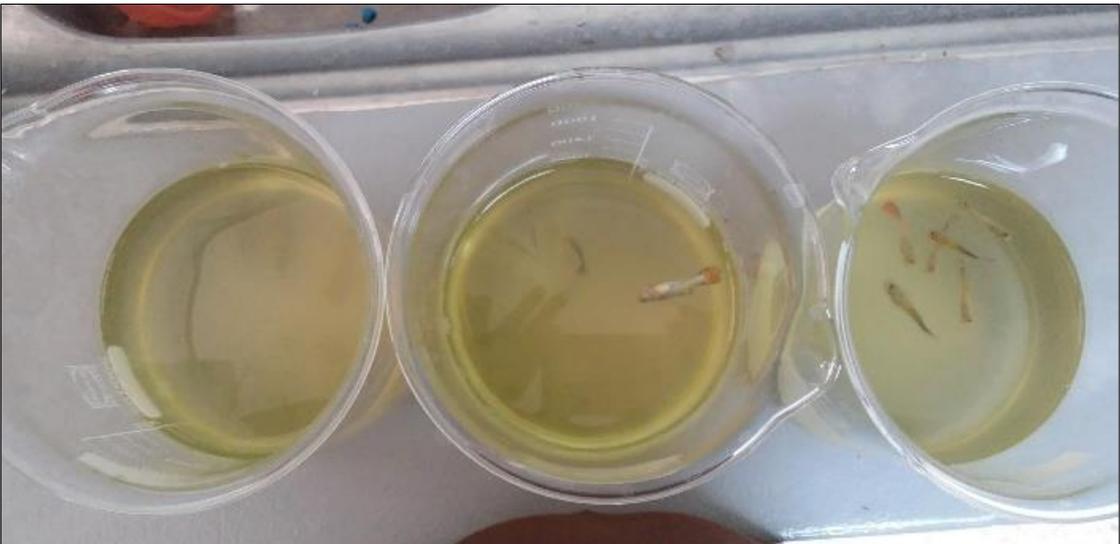
Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015

Observaciones del experimento



Fuente: Macías L; Zambrano B. 2015

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015



Fuente: Macías L; Zambrano B. 2015

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015



Fuente: Macías L; Zambrano B. 2015

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015



Fuente: Macías L; Zambrano B. 2015

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015



Fuente: Macías L; Zambrano B. 2015

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015



Fuente: Macías L; Zambrano B. 2015

Elaborado por: Macías L; Zambrano B. 2015