



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ

**FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS FÍSICAS Y
QUÍMICAS**

**ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
TRABAJO DE TITULACIÓN
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

TEMA:

**“EVALUACIÓN QUÍMICO AMBIENTAL DE AGUA DE MAR EN
LA DESEMBOCADURA DEL RÍO BURRO EN LA CIUDAD DE MANTA
2015”**

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO QUÍMICO

AUTORES:

Palacios Revelo Jorge Gabriel

Santos Falcónez María Celina

TUTOR DEL TRABAJO DE INVESTIGACION:

Ing. Ulbio E. Alcívar Cedeño Mg. Sc

Portoviejo, Agosto del 2015

DEDICATORIA

Principalmente dedico este trabajo a nuestro creador, que siempre me ha iluminado el camino que me trajo hasta aquí.

A mi compañera Celina Santos, que siempre me brinda su apoyo y ha caminado conmigo en las buenas y en las malas, siendo mi fortaleza y mi inspiración para ser mejor cada día, a mi Hijo Gabriel Isaías, de quien espero pueda seguir mis pasos y caminar mucho más lejos.

A mis padres por apoyo incondicional, que gracias a su esfuerzo, su lucha sin desmayo y sin descanso son los promotores directos de este pequeño éxito que acontece en mi vida.

A mi hermana Verónica y su esposo Franklin, quienes me apoyaron incondicionalmente en los momentos más necesitados.

A demás familiares y amigos, en especial a Simón Siebelink y Ana Arias que influyeron significativamente en mi formación tanto académica como moral.

“La gratitud debería ser un acto constante de cada hora, cada día, de toda la vida.”

Nancy Leigh De Moss

Gabriel

DEDICATORIA

En primer lugar quisiera dedicar mi tesis al Ser Supremo quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban.

A tu paciencia y comprensión, por tu bondad y sacrificio me inspiraste a ser mejor para ti, ahora puedo decir que esta tesis lleva mucho de ti, gracias por estar siempre a mi lado Gabriel.

Tu afecto y cariño son los detonantes de mi felicidad, de mi esfuerzo, de mis ganas de buscar lo mejor para ti. Aun a tu corta edad me has enseñado y me sigues enseñando a encontrar lo dulce y no lo amargo de la vida, fuiste mi motivación más grande para conducir con éxito este proyecto de tesis. Este esfuerzo es para mi hijo Gabriel Isaías.

A mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

A mis maestros que en este andar por la vida, influyeron con sus lecciones y experiencias en formarme como una persona de bien y preparada para los retos que pone la vida, a todos y cada uno de ustedes les dedico este trabajo.

“La dicha de la vida consiste en tener siempre algo que hacer, alguien a quien amar y alguna cosa que esperar”. Thomas Chalmers

Celina

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios nuestro creador por habernos permitido llegar hasta aquí y cumplir con este sueño.

A la Universidad Técnica de Manabí que nos abrió por sus puertas para poder cursar y culminar con nuestros estudios superiores.

A la carrera de Ingeniería Química y sus docentes quienes contribuyeron en nuestra formación como profesionales y en muchos casos como personas.

Al tribunal de Revisión que contribuyeron con sus ideas para la correcta realización de este trabajo.

Al Ingeniero Ulbio Alcívar quien nos brindó su apoyo en los momentos más necesitados ya que gracias a él se dio a cabalidad esta investigación y nos ayudó a cruzar los obstáculos que se presentaron en el transcurso.

Al Ingeniero Ramón Cevallos que a más de ser un docente es un amigo, que nos brindó su apoyo moral y académico aligerando la carga que representa un trabajo como este.

A nuestros familiares quienes son nuestro apoyo y lo seguirán siendo en el transcurso de nuestras vidas.

A nuestros compañeros y amigos que siempre velaron porque nuestros propósitos se realizaran de la mejor manera.

LOS AUTORES

CERTIFICACIÓN

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 QUÍMICO AMBIENTAL DE AGUA DE MAR EN LA DESEMBOCADURA DEL RÍO BURRO EN LA CIUDAD DE MANTA 2015”** fue desarrollado bajo mi tutoría y control por el **SR. PALACIOS REVELO JORGE GABRIEL Y LA SRTA. SANTOS FALCÓNEZ MARÍA CELINA**, 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, alcanzando mediante el esfuerzo, la constancia y la perseverancia demostrado por los autores de este trabajo.

.....
Ing. Ulbio E. Alcívar Cedeño Mg.
TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Portoviejo, 01 de Septiembre del 2015

INFORME DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Luego de haber revisado el trabajo de Titulación, en la Modalidad de Investigación y que lleva por tema: **“EVALUACIÓN QUÍMICO AMBIENTAL DE AGUA DE MAR EN LA DESEMBOCADURA DEL RÍO BURRO EN LA CIUDAD DE MANTA 2015”** desarrollado por el Sr. Palacios Revelo Jorge Gabriel con CC. 1313885814 y la Srta. Santos Falcónez María Celina con CC. 1312716366, previo a la Obtención del Título de **Ingeniero Químico**, 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. Iván Cisneros Pérez.
REVISOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
CERTIFICACIÓN.....	V
INFORME DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	VI
RESUMEN.....	XI
SUMARY.....	XII
1. TEMA:.....	13
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
3. REVISIÓN DE LA LITERATURA Y DESARROLLO DEL MARCO TEÓRICO.....	15
3.1 Antecedentes.....	15
3.1.1 Contaminación del Rio Burro.....	16
3.2 Justificación.....	18
3.3 Marco Teórico.....	19
3.3.1 Química Ambiental.....	19
• Contaminación Ambiental.....	19
• Química ambiental y el agua.....	20
3.3.2 Constitución Política del Ecuador.....	21
3.3.3 Ecotoxicología.....	22
• Efectos Ecotoxicológicos medibles.....	24
• Ensayos de ecotoxicidad.....	26
3.3.4 Biomagnificación.....	26
3.3.5 Biomarcador.....	27
• Bioindicadores o Indicadores Biológicos.....	28

3.3.6 Bioensayo.....	28
• Ensayos Ecotoxicológicos.....	29
• Tipos de bioensayo según su técnica	30
• Criterios para la evaluación de resultados en los bioensayos	31
• Aplicación de los ensayos de toxicidad al diagnóstico ambiental de efectos biológicos	32
• Evaluación estadística de los ensayos	33
3.3.7 Xenobióticos	38
3.3.8 Problemas de Contaminación en el Río Burro de la Ciudad de Manta	39
• Denuncian grave impacto ambiental en Manta.....	39
• La contaminación en las playas de Manta continúa.....	39
• Barrios de Manta, alertas por la contaminación.....	39
3.3.9 Aguas del Mar	40
• Origen.....	40
• Salinidad.....	41
• Densidad.....	42
• pH.....	42
• Gases	42
3.3.10 Modelo Biológico.....	43
• Artemia Salina.....	44
• Otras características de la Artemia salina	45
• Morfología y ciclo vital.....	51
3.3.11 Métodos para la eclosión de quistes de Artemia.....	56
• Eclosión de Quistes de Artemia.	56
• Desinfección de los quistes	58

• Técnicas de cosechado	58
• Distribución de los nauplios a las larvas en cultivo	59
4. VISUALIZACIÓN DEL ALCANCE DE ESTUDIO.....	61
5. ELABORACIÓN DE HIPÓTESIS Y DEFINICIÓN DE VARIABLES.....	62
5.1 Variable Independiente	62
Concentración de xenobióticos en agua de mar en la desembocadura del Río Burro-Manta.....	62
5.2 Variable Dependiente.....	63
6 DESARROLLO DEL DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	64
6.1 Objetivo General.....	64
6.2 Objetivos Específicos	64
6.3 Campo de Acción.....	64
Este trabajo investigativo va orientado a lineamientos, parámetros y normativas relacionados con la ecotoxicología rama de la Química Ambiental que es de gran importancia e interés para los Ingenieros Químicos, como herramienta para futuras evaluaciones sobre los efectos de un contaminante sobre la flora, fauna y los seres humanos.	64
7 DEFINICIÓN Y SELECCIÓN DE LA MUESTRA.....	65
7.1 Definición.....	65
8 RECOLECCIÓN DE DATOS	66
METODOLOGÍA.....	66
8.1 Métodos	66
8.1.1 Bioensayos Ecotoxicológicos.....	66
8.1.2 Métodos Estadísticos:.....	66
8.2 Ensayos	66
8.2.1 Procedimiento de revisión de los Quistes de Artemia.	66
8.2.3 Preparación del medio de eclosión de quistes.....	68

8.2.4	Eclosión de los quistes	68
8.2.5	Ensayos de toxicidad.....	69
8.3	Diseño Experimental-Metodología.....	71
8.4	Método de Probit	71
8.4.2	Método de estimación gráfica	72
8.4.3	Análisis de la varianza Anova con Statgraphics	73
9	ANÁLISIS DE LOS DATOS.....	74
9.1	Análisis Físicoquímicos de la Muestra	74
9.2	Análisis Estadísticos de los Datos obtenido en el los ensayos.	78
9.2.1	Datos procesados en Microsoft Excel	78
9.2.2	Datos procesados en Statgraphics	80
10.	ELABORACIÓN DEL REPORTE DE LOS RESULTADOS	88
10.1	Discusión	88
10.2	Conclusiones.....	88
10.3	Recomendaciones	89
11.	PRESUPUESTO.....	90
12.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	92
13.	BIBLIOGRAFÍA	93
14.	ANEXOS	96

RESUMEN

La Ecotoxicología mediante sus ensayos nos ayuda a realizar una simulación de las causas y efectos adversos de un contaminante sobre un ecosistema, a través de un modelo biológico el cual es sometido a exposición directa al posible contaminante, para cual existen una variedad de modelos biológicos destinados para la evaluación del aire, la tierra, el agua dulce y nuestro caso agua de mar, para lo cual se utilizó como modelo un crustáceo denominado Artemia Salina, debido a que este molusco por sus características y propiedades representa a los eslabones primarios de la cadena trófica y además presenta elevada sensibilidad ante los agentes ajenos a su medio. Los ensayos fueron realizados mientras las Artemias eran nauplios (larvas con 24 horas de nacimiento) usando procedimientos estandarizados del laboratorio de Química Ambiental de Carrera de Ingeniería Química respecto a la producción de esta especie, las cuales una vez cumplidas las 24 horas de nacidas se sometió un número de 10 Artemias a las diferentes muestras en diferentes concentraciones (10, 20, 40, 60, 80, 100) ppm del agua de la desembocadura del río Burro de la ciudad de Manta, cuyos ensayos fueron realizados durante 24 horas y seguidamente tomar los datos de mortalidad, cuyos datos fueron tabulados en software estadístico-matemático (Microsoft Excel y Statgraphics) con fin de comparar los resultados de la concentración letal media, obteniéndose un índice de toxicidad de 34,29% de la dosis, teniendo en cuenta que Dicromato de potasio $K_2Cr_2O_7$ es el tóxico que más efecto de mortalidad tiene sobre la Artemia salina y que la concentración letal media según estudios anteriores se encuentra entre 13-14 ppm y que en los análisis realizados sobre la muestra respecto a este tóxico en específico está en 3.5 ppm, por lo que las causas de mortalidad de Artemias depende también a la presencia de varios compuestos encontrados mediante análisis físicos y químicos pudiendo también determinar que las concentraciones a las cuales se encontraban eran tóxicas. Los ensayos ecotoxicológicos han ayudado a representar a pequeña escala que existe un foco de contaminación inminente sobre este ecosistema y que de no tomarse medidas respecto al caso esto traerá problemas significados en el ecosistema tanto de la ciudad como de la provincia.

SUMMARY

Ecotoxicology through his essays helps us to make simulations of the causes and adverse effects of pollutant over a ecosystem, through the biological model on which is put on a direct exposure to the possible contaminant, for which there are a variety of biological models destined for evaluation of air, land, freshwater and our case seawater, so for which it was used as a model a crustacean called Artemia Salina because this mollusk has a lot of characteristics and properties that represent the primary links of the food chain: also has high sensitivity to the accompanying agents to their environment. The Tests Were performed while the Artemia were nauplii (24 hours of birth larvae) using standardized environmental chemistry laboratory of the School of Chemical Engineering, respect to the production of THIS species, which, once procedures fulfilled 24 hours old is number subjected to 10 different samples of Artemia in different concentrations (10, 20, 40, 60, 80, 100) ppm of water from the mouth of the rio Burro in Manta, whose essays Were made of over 24 hours and then write down the mortality data, the data tabulated in estadisto -mathematical software (Microsoft Excel and Statgraphics) with the objective of compare the results of the median lethal concentration, obtaining a toxicity index of 34.29% of the dose, realizing That potassium dichromate $K_2Cr_2O_7$ is more toxic than the effect of mortality has on Artemia salina and the median lethal concentration than in previous studies is between 13 to 14 ppm and that the analyzes of the sample regarding this specific toxic in this at 3.5 ppm, which for the causes of mortality of Artemia also depends on the presence of several compounds found using physical and chemical analysis can also determine concentrations that one whom were toxic. The ecotoxicological tests have helped small-scale represent a focus of imminent pollution on ecosystem and that no measures are taken regarding the case meanings This will bring problems in the ecosystems in both the city and the province.

1. TEMA:

Evaluación Químico Ambiental de Agua de Mar en la Desembocadura del Río Burro en la Ciudad de Manta 2015

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La concentración de xenobióticos en la desembocadura del Río Burro-Manta genera una contaminación al ecosistema haciendo necesario una evaluación química ambiental en base a análisis físicos, químicos y microbiológicos del agua de mar, ensayos Ecotoxicológicos en modelos biológicos que aporten datos sobre los índices de mortalidad y afectación a las especies propias del ecosistema, y su incidencia en magnificación del efecto contaminante para otros organismos vivos incluidos el ser humano.

La industrialización, los problemas en los sistemas de alcantarillado, las actividades antropogénicas son posibles fuentes de contaminación para el ecosistema del río Burro en la Ciudad de Manta y su desembocadura a la playa Tarqui de la misma ciudad.

Estas posibles fuentes de contaminación están relacionadas por organismos internacionales con efectos nocivos a la salud de las personas, a los ecosistemas de las ciudades siendo una de las preocupaciones que en la actualidad tienen mayor repercusión para los Organismos Estatales volviéndose imprescindible contar con evaluaciones actualizadas que contribuyan al desarrollo de la ciencia en nuestro medio.

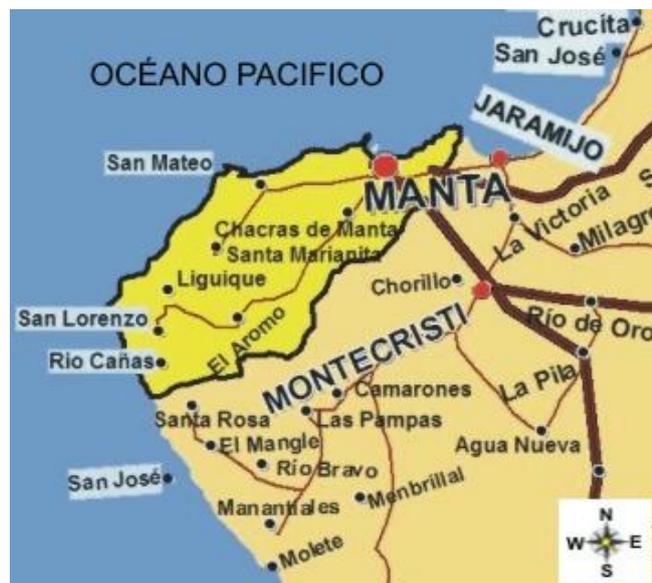
3. REVISIÓN DE LA LITERATURA Y DESARROLLO DEL MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes

El cantón Manta se encuentra ubicado en la parte suroeste de la provincia de Manabí, a orillas del océano pacífico. El cantón Manta se encuentra ubicado en la parte suroeste de la provincia de Manabí, a orillas del océano pacífico. Fue fundado el 4 de Noviembre de 1922, actualmente con 192,322 habitantes, es la segunda ciudad más poblada de esta provincia y se ubica a 34 kilómetros de Portoviejo, la capital provincial. Fue fundado el 4 de Noviembre de 1922, actualmente con 192,322 habitantes, es la segunda ciudad más poblada de esta provincia y se ubica a 34 kilómetros de Portoviejo, la capital provincial. (Dspace.espol.edu.ec, 2015)

FIGURA N° 1

UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA CIUDAD DE MANTA



FUENTE: google maps

La ciudad de Manta es de gran relevancia en la provincia debido a que es un importante centro comercial, pesquero, turístico e industrial, además de ser el puerto de mayor calado en la provincia y el país.

3.1.1 Contaminación del Rio Burro

Empresas y habitantes de los cantones manabitas de Montecristi, Jaramijó y principalmente Manta contaminan dos importantes ríos: El Burro y El Muerto. Descargan aguas servidas, basura y compuestos químicos que le han dado a estos sitios un tono rojizo, que afectan a la salud de las personas; el agua proveniente de estos ríos, no sirve ni para la agricultura.

Existen zonas dedicadas directamente a actividades industriales como lo es el procesamiento de harina de pescado, productos enlatados, entre otros, cuyos residuos son arrojados a los riachuelos que terminan llegando al río Burro, el cual desemboca en la playa de Tarqui.

Se han realizados previamente estudios de la arena en estas playas, en lo que se ha constatado que la misma presenta serias concentraciones de sosa caustica, un producto que es corrosivo y que puede causar quemaduras graves a los ojos y la piel, dicho estudio también confirma que la arena contiene cloro contaminado que impide ser utilizada para las construcciones de casas.

Todos estos problemas se los contribuye a la desembocadura del río burro en estas playas, que además son centrales de la ciudad y acuden grandes cantidades de turistas que ignoran los riesgos que estas playa les ofrecen

FIGURA N° 2

UBICACIÓN DEL RIO BURRO EN LA CIUDAD DE MANTA



FUENTE: Google Earth

ELABORADO POR: Palacios J y Santos M, 2015

3.2 Justificación

El crecimiento económico que ha experimentado la provincia y en especial la ciudad de Manta, ha promovido el desarrollo de grandes industrias lo cual ha traído consigo la contaminación de las aguas superficiales y por ende el agua del mar, ya que las mismas al asentarse en la ciudad no cuentan con un plan de tratamiento de desechos sólidos o como el tratamientos de aguas.

La contaminación de dichas aguas es apreciable, ya que el río presenta colores extraños, malos olores los cuales son perceptibles fácilmente, así mismo esto perjudica a diferentes sectores de la ciudad, tanto económicos como turísticos, además de alterar la flora y la fauna del efluente del río.

Cabe mencionar que se han realizados pruebas y análisis al agua de este río, que ciertamente han constatado el grado de contaminación que presenta el mismo, pero que a su vez no se ha realizado una valoración Ecotoxicológica que pueda representar el grado de toxicidad que existe en estas aguas. Esta investigación tiene propósito conocer los verdaderos efectos tóxicos ya que no se conoce hasta qué punto y en qué grado podría afectar a las especies marinas e incluso a las personas.

3.3 Marco Teórico

3.3.1 Química Ambiental

La química ambiental es la aplicación de la química al estudio de los problemas y la conservación del ambiente. Además se encarga del estudio de procesos químicos en el ambiente global, o en alguna de sus partes: el suelo, los ríos y lagos, los océanos, la atmósfera, además del impacto de las actividades humanas sobre el entorno y la problemática que ello ocasiona. (Wikipedia, Wikipedia 2014)

Desde su estudio relacionado con el ecologismo el tratado de Kioto es uno de los primordiales dándole peso para que se sigan efectuando novedosos estudios. Asimismo la química ambiental se ocupa de los procesos, reacciones, evolución e interacciones que tienen lugar en las masas de aguas continentales y marinas por el vertido de contaminantes antropogénicos. Del mismo modo, estudia los tratamientos de dichos vertidos para reducir su carga dañina, la función primordial de la química ambiental es la de realizar la supervisión de los proyectos industriales, teniendo en cuenta el impacto ambiental. (Wikipedia, Wikipedia 2014)

- **Contaminación Ambiental**

Se denomina contaminación ambiental a la presencia en el ambiente de cualquier agente (físico, químico o biológico), o bien de una combinación de varios agentes en lugares, formas y concentraciones tales que sean o puedan ser nocivos para la salud, la seguridad o para el bienestar de la población, o bien, que puedan ser perjudiciales para la vida vegetal o animal, o impidan el uso normal de las propiedades y lugares de recreación y goce de los mismos, es también la incorporación a los cuerpos receptores de sustancias sólidas, líquidas o gaseosas, o mezclas de ellas, siempre que alteren desfavorablemente las condiciones naturales del mismo, o que puedan afectar la salud, la higiene o el bienestar del público. (Chumaña 2013)

La contaminación es uno de los problemas ambientales más importantes que afectan a nuestro planeta y surge cuando se produce un desequilibrio, como resultado de la adición de cualquier sustancia al medio ambiente, en cantidad tal, que cause efectos adversos en el hombre, en los animales, vegetales o materiales expuestos a dosis que sobrepasen los niveles aceptables en la naturaleza. (Chumaña 2013)

La contaminación puede surgir a partir de ciertas manifestaciones de la naturaleza (fuentes naturales), o bien, debido a los diferentes procesos productivos del hombre (fuentes antropogénicas), que conforman las actividades de la vida diaria. (Chumaña 2013)

Las fuentes que generan contaminación de origen antropogénico más importantes son: industriales (frigoríficos, mataderos y curtiembres, actividad minera y petrolera), comerciales (envolturas y empaques), agrícolas (agroquímicos), domiciliarias (envases, pañales, restos de jardinería) y fuentes móviles (gases de combustión de vehículos). (Chumaña 2013)

Como fuente de emisión se entiende el origen físico o geográfico donde se produce una liberación contaminante al ambiente, ya sea al aire, al agua o al suelo. Tradicionalmente el medio ambiente se ha dividido, para su estudio y su interpretación, en esos tres componentes que son: aire, agua y suelo; sin embargo, esta división es meramente teórica, ya que la mayoría de los contaminantes interactúan con más de uno de los elementos del ambiente. (Chumaña 2013)

La Sección Química Ambiental está capacitada para realizar análisis de residuos orgánicos e inorgánicos en matrices ambientales tales como muestras de suelo, muestras de aguas, residuos mineros, residuos agrícolas, etc. Análisis en muestras de aguas, análisis de residuos peligrosos y análisis de componentes químicos presentes en juguetes y artículos escolares. (Ispch s.f.)

- **Química ambiental y el agua**

El agua potable es la adecuada para el consumo de la población y que no provoca efectos nocivos para la salud. La calidad del agua debe considerarse en términos relativos al uso que se destina, el cual determina los indicadores físico químicos y/o biológicos a considerar para la medición de ese factor. (Ispch s.f.)

La contaminación hídrica o contaminación del agua se produce cuando se le agrega o deposita algún material o sustancia tóxica, y eso afecta a su comportamiento habitual. La contaminación de las aguas puede provenir de algunas fuentes naturales o de actividades humanas. En la actualidad la más importante sin duda es la provocada por el hombre. El desarrollo y la industrialización suponen un mayor uso de agua, una gran generación de residuos, muchos de los cuales van a parar al agua y el uso de medios de

transporte fluvial y marítimo que en muchas ocasiones, son causa de contaminación de las aguas. Las aguas superficiales son en general más vulnerables a la contaminación de origen antropogénico que las aguas subterráneas, por su exposición directa a la actividad humana. Por otra parte una fuente superficial puede restaurarse más rápidamente que una fuente subterránea a través de ciclos de escorrentía estacionales. Los efectos sobre la calidad serán distintos para lagos y embalses que para ríos, y diferentes para acuíferos de roca o de arena y grava. (Ispch s.f.)

La Sección de Química Ambiental analiza los parámetros físicos y químicos establecidos para el cumplimiento de las normas vigentes, como es en el caso del agua potable, agua de diálisis, fluoración del agua, agua de recreación, agua mineral, agua de ríos, lagos y mares. (Ispch s.f.)

3.3.2 Constitución Política del Ecuador

La Constitución de la República del Ecuador aprobada y vigente desde el 20 de Octubre del 2008, en los términos más amplios la nueva Constitución Política del Ecuador establece los principios, así como los derechos y obligaciones de la ciudadanía en la parte correspondiente al medio ambiente. El sujeto de obligación, en este caso, es el Estado Ecuatoriano y los beneficiarios del derecho son los ciudadanos y la naturaleza, como se señala en los artículos principales que se indican a continuación:

En el **Art. 14:** Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados. (Ecuador 2008)

En la **Sección Sexta: Agua** considerando el **Art. 411** cabe resaltar el siguiente enunciado: “Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua. La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua.” (Ecuador 2008)

“**Art. 33.** Se Establéense como instrumentos de aplicación de las normas ambientales los siguientes: parámetros de calidad ambiental, normas de efluentes y emisiones, normas técnicas de calidad de productos, régimen de permisos y licencias administrativas, evaluaciones de impacto ambiental, listados de productos contaminantes

y nocivos para la salud humana y el medio ambiente, certificaciones de calidad ambiental de productos y servicios y otros que serán regulados en el respectivo reglamentos”. (Codificación 2004)

“**Art. 116.- Recopilación de Información Científica** “Para la elaboración de las normas de calidad ambiental, el Ministerio del Ambiente recopilará los antecedentes y se encargará de la preparación de los estudios o investigaciones científicas, epidemiológicas, clínicas, toxicológicas y otros que sean necesarios, para establecer los niveles de seguridad ambiental para la sociedad y los ecosistemas. Los estudios deberán efectuarse en coordinación con las entidades públicas, privadas o académicas que el Ministerio del Ambiente considere apropiadas, principalmente con la Autoridad Nacional del Recurso y la Autoridad Nacional de Salud.” (TULAS, 2003)

En el libro VI también se abarcan temas **Del Sistema Único de Manejo Ambiental**, en el Anexo I: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua. (Veronika 2014)

Tomado de las Normas de Descarga de Efluentes a un Cuerpo de Agua o Receptor: Agua Dulce y Agua Marina, se estipula que: “Los regulados que exploren, exploten, refinan, transformen, procesen, transporten o almacenen hidrocarburos o sustancias peligrosas susceptibles de contaminar cuerpos de agua deberán contar y aplicar un plan de contingencia para la prevención y control de derrames, el cual deberá ser aprobado y verificado por la Entidad Ambiental de Control. Las normas locales para descargas serán fijadas considerando los criterios de calidad establecidos para el uso o los usos asignados a las aguas. Las normas guardarán siempre concordancia con la norma técnica nacional vigente, pudiendo ser únicamente igual o más restrictiva y deberán contar con los estudios técnicos y económicos que lo justifiquen.” (República s.f.)

3.3.3 Ecotoxicología

El término Ecotoxicología fue introducido en 1969 por el toxicólogo francés RENÉ TRUHAUT, quien la definió como la rama de la toxicología que estudia los efectos de las sustancias químicas sobre los ecosistemas terrestres o acuáticos. La introducción de este término refleja la creciente preocupación sobre los posible efectos que producen los componentes químicos en el medio ambiente y, por lo tanto, sobre los seres vivos. Esta disciplina estudia el nivel de exposición a los productos contaminantes tanto de la vida silvestre como de los seres humanos, así como la forma en que estos compuestos

químicos actúan sobre ellos. Incluye también el modo en que son liberados al medio ambiente, su transmisión y acumulación a través de los diferentes componentes de la biosfera, su transformación en otros productos y el daño que dichos productos derivados puedan producir por sí mismos. La alteración de los ecosistemas por una sustancia química se puede evaluar mediante bioindicadores, organismos o conjunto de organismos modelo, tanto animal como vegetal, que tienen la propiedad de responder visible y apreciablemente a la variación en la presencia o concentración de un compuesto químico. Los organismos modelo se eligen por reunir varias características: ser fácilmente manipulables tanto en campo como en laboratorio, poseer un ciclo de vida adecuado, que su biología sea lo suficientemente conocida, etc. Con los bioindicadores se realizan ensayos ecotoxicológicos, cuyo objetivo es relacionar la exposición al compuesto químico (dosis, concentración, tiempo) con los efectos producidos por éste, que se reflejarán en determinados parámetros relacionados con el metabolismo, el crecimiento, la supervivencia o la reproducción, según el caso. (Crespo 2012)

La Ecotoxicología estudia el destino y los efectos de los contaminantes en los ecosistemas, intentando explicar las causas y prever los *riesgos* probables. La ecotoxicología prospectiva evalúa la toxicidad de las sustancias antes de su producción y uso. La ecotoxicología retrospectiva se ocupa de confirmar si la sustancia produce daños en el ecosistema. (Puig s.f.)

El efecto causado por un tóxico dependerá de su toxicidad inherente (capacidad de causar algún efecto nocivo sobre un organismo vivo), del grado de exposición, que a su vez dependerá de la cantidad que ingrese, de cuánto pase a los distintos compartimientos del ecosistema y de su persistencia. (Puig s.f.)

La ecotoxicidad es la resultante de todo el estrés tóxico que actúan sobre el ambiente. El principio de la ecotoxicología es que los organismos vivos son herramientas esenciales para la evaluación de la calidad ambiental, puesto que ellos son los que están expuestos a los efectos combinados de la ecotoxicidad. El uso de los métodos de evaluación biológica para detectar compuestos potencialmente dañinos comenzó a desarrollarse en los años 70. (Puig s.f.)

Múltiples estrategias de observación y de experimentación se usaron para evaluar la respuesta al estrés químico. Las técnicas de efectos biológicos cubren todo el espectro de la actividad biológica y organización, desde la molécula hasta la comunidad. (Puig s.f.)

Se realizan ensayos de toxicidad, principalmente en laboratorio, con organismos de una especie (uniespecíficos), de varias especies (multiespecíficos) o simulando microecosistemas (multitróficos). En general, se testean las sustancias tóxicas para determinar qué tan perjudiciales son y qué riesgo poseen para el ambiente. Los resultados de los ensayos se interpretan para definir efectos letales, subletales y crónicos de tales sustancias, y su tendencia a acumularse en tejidos vivos. El aumento de la resistencia a sustancias tóxicas por parte de los organismos (por adaptación evolutiva, fisiológica o cambios en el comportamiento) es uno de los factores que puede incidir en la dificultad para extrapolar al ambiente los resultados obtenidos en ensayos de laboratorio. (Puig s.f.)

Por otra parte, se estudian una variedad de propiedades ecológicas estructurales y funcionales (*bioindicadores*) a distintos niveles de organización para caracterizar la respuesta a la contaminación química. La complejidad de los sistemas biológicos y su habilidad para compensar perturbaciones complica la interpretación de muchas técnicas basadas en efectos biológicos. (Puig s.f.)

“La ecotoxicología se encarga del estudio de las relaciones directas e indirectas entre las causas, los impactos sobre los individuos y las alteraciones finales sobre las poblaciones y las comunidades.” (INECC 2009)

La finalidad de la ecotoxicología es el desarrollo de métodos para el previo pronóstico y definir indicadores de toxicidad que expresan a menor escala los posibles efectos de un toxico en el medio estudiado.(Morales 2004)

- **Efectos Ecotoxicológicos medibles**

La ecotoxicología se vale de dos herramientas básicas para realizar sus investigaciones: el monitoreo ambiental y el monitoreo biológico. (INECC 2009)

El monitoreo ambiental permite establecer las formas mediante las cuales se liberan los compuestos y determinar cuál es su destino en ambiente. Es un procedimiento para detectar la presencia y cuantificar las concentraciones de los contaminantes en los diferentes compartimentos, incluyendo al aire, agua, suelo y sedimentos. Un buen monitoreo ambiental debe considerar un muestreo representativo, técnicas adecuadas para la colecta y preservación de las muestras, así como métodos apropiados de extracción y análisis, siguiendo prácticas estandarizadas en el laboratorio. (INECC 2009)

El monitoreo biológico, desde el punto de vista de la ecotoxicología, consiste en evaluar los efectos adversos de los contaminantes sobre los individuos, poblaciones, comunidades y ecosistemas que han estado expuestos. En este sentido, se pueden aplicar pruebas en el laboratorio o realizar estudios en campo. (Macías Lisbeth 2015)

Usualmente las pruebas en el laboratorio involucran la administración de un compuesto como tal a una población de una especie particular en condiciones controladas. En este tipo de ensayos la población en estudio es aislada de las interacciones con otros organismos, compuestos y factores ambientales, es decir, se utiliza un sistema simplificado que permite conocer con mayor facilidad los efectos atribuibles a una sustancia. Sin embargo, no es sencillo extrapolar los resultados obtenidos a las condiciones que se presentan en la naturaleza. Una mayor aproximación de estas pruebas a las condiciones reales puede alcanzarse si los organismos son expuestos a muestras ambientales o extractos de las mismas. En las pruebas en el laboratorio generalmente se emplean componentes subcelulares (enzimas, ácidos nucleicos, etc), células aisladas, secciones de tejidos u organismos completos aislados para medir efectos sobre la viabilidad, la reproducción celular o la biosíntesis de macromoléculas. (Macías Lisbeth 2015)

En los estudios de campo se evalúan los impactos de los contaminantes sobre los organismos que representan varios niveles tróficos en el ecosistema, bajo las condiciones reales que se presentan en el ambiente. Se considera por lo tanto el efecto de todas las sustancias presentes y sus interacciones aditivas, sinérgicas o antagónicas, así como los efectos de los factores climáticos y abióticos, tales como la temperatura, contenido de oxígeno, pH, humedad, aireación, salinidad, radiación solar, etc. En estos estudios se

miden los cambios en las poblaciones que se desvían de la normalidad; no obstante, en muchos casos es difícil conocer con exactitud cuál es la variación natural que se presenta en estas poblaciones, tanto en el tiempo como en el espacio. Entre las respuestas que pueden evaluarse en los estudios de campo se encuentran: la reducción en la productividad o generación de biomasa, la disminución de la abundancia y distribución de especies, los cambios en la estructura trófica, etc. (Macías Lisbeth 2015)

Un ejemplo clásico del monitoreo biológico es la observación del descenso en las poblaciones de aves predatorias que llevó al descubrimiento de la bioacumulación y biomagnificación del DDT en la cadena alimenticia y de sus efectos adversos sobre el comportamiento, reproducción y formación del cascarón de los huevos de estas especies. (Macías Lisbeth 2015)

- **Ensayos de ecotoxicidad**

Características comunes:

- ✓ Exposición de grupos de organismos
 - ✓ Misma población
 - ✓ En buenas condiciones de salud
 - ✓ Con aclimatación previa
- ✓ Mantenimiento de condiciones ambientales constantes y estandarizadas
- ✓ Exposición a concentraciones graduadas del agente
- ✓ Grupos control adecuados
- ✓ Observación de signos del efecto presentes
- ✓ Medición y registro detallado de efectos biológicos en grupos control y tratados
- ✓ Observación patológica de grupos control y tratados
- ✓ Análisis estadístico de resultados. (Arelypaulo 2012)

3.3.4 Biomagnificación

La biomagnificación es considerada como una alteración que perjudica considerablemente el desarrollo normal de los seres con vida en ecosistemas acuáticos y terrestres. Razón por la cual, actualmente se trabaja en la búsqueda de métodos para

regular la introducción de contaminantes a sistemas hídricos, como metales pesados, y así evitar peligrosas enfermedades en el humano.

El ingreso de contaminantes se da generalmente por parte de las industrias mineras y de refinerías de petróleo, cuyas descargas y emisiones de efluentes hacia los sistemas hídricos, causan alteración al ecosistema, originándose la bioacumulación de metales pesados y tóxicos contaminantes por parte de organismos acuáticos. Debido a que estos contaminantes son hidrofóbicos, es decir, tienden a acumularse en el tejido adiposo de los animales.

Cuando el organismo que ha acumulado contaminantes es depredado, su predador ingiere los contaminantes existentes en su alimento, por lo cual se concentra en mayor cantidad en él. Es así como al escalar la red trófica, los consumidores en el último nivel presentan concentración más elevada de metales pesados.

Un ejemplo de la biomagnificación de metales pesados se puede indicar con el Mercurio el cual no es encontrado de forma natural en los alimentos, pero este puede aparecer en la comida así como ser expandido en las cadenas alimentarias por pequeños organismos que son consumidos por los humanos, como los peces. Las concentraciones de Mercurio en los peces usualmente exceden en gran medida las concentraciones en el agua donde viven. Los productos de la cría de ganado pueden también contener eminentes cantidades de Mercurio. El Mercurio no es comúnmente encontrado en plantas, pero este puede entrar en los cuerpos humanos a través de vegetales y otros cultivos, mediante productos agrícolas; este mismo efecto puede darse por acumulación de cualquier otro metal. (Inecc.gob.mx, 2015)

3.3.5 Biomarcador

Es un indicador bioquímico, fisiológico o ecológico del estrés físico, químico o biológico en los organismos y sus poblaciones, considerado como un trazador de las reacciones que pueden ocurrir a diferentes niveles como: molecular, celular, en el organismo completo, las poblaciones o comunidades. Su detección permite evaluar de forma temprana los efectos negativos de los contaminantes. (INECC 2009)

- **Bioindicadores o Indicadores Biológicos**

Los indicadores biológicos son atributos de los sistemas biológicos que se emplean para descifrar factores de su ambiente. Al principio se emplearon especies o agrupaciones de éstas como indicadores y, consecutivamente, se empezó a emplear también caracteres de otros niveles de organización del ecosistema, como poblaciones, comunidades, etc.

Las especies indicadoras son organismos que facilitan la tarea de descifrar fenómeno o acontecimiento alguno, relacionado con el estudio de un entorno. Toda especie tiene requerimientos físicos, químicos, de estructura del hábitat y de relaciones con otras especies. Correspondiéndole a cada especie o población límites definidos de dichas condiciones ambientales entre las cuales los organismos pueden sobrevivir (límites máximos), crecer (intermedios) y reproducirse (límites más estrechos). Por lo tanto, cuando la especie en estudio, tenga menores límites de aceptación, mayor será su utilidad como indicador ecológico. Las especies bioindicadoras tienen que ser por lo tanto; abundantes, muy sensibles al medio de vida, fáciles y rápidas de identificar, estudiadas a profundidad en su ecología y ciclo biológico, y con poca movilidad. Actualmente el empleo de organismos vivos como indicadores de contaminación es técnica de gran reconocimiento. (INECC 2009)

3.3.6 Bioensayo

Un bioensayo de toxicidad es un test el cual establece la naturaleza y la magnitud del efecto que causa un agente dado cuando los organismos se exponen a él, para la ecotoxicología, los agentes mencionados encierran muestras ambientales de agua, suelo o sedimentos, efluentes domésticos e industriales, extractos de sedimentos o suelos contaminados, etc. (INECC 2009)

Desarrollando varios bioensayos para el monitoreo ambiental y entre sus aplicaciones relevantes tenemos:

- ✓ El establecimiento de niveles permisibles de los contaminantes que son liberados al ambiente.
- ✓ El establecimiento de sitios prioritarios que requieran acciones de limpieza.
- ✓ La determinación de impactos ambientales mediante el uso de organismos biomarcadores.

- ✓ La evaluación y predicción del efecto de nuevos productos químicos en el ambiente.
- ✓ Los estudios de biodisponibilidad y bioconcentración de contaminantes.
- ✓ La comparación de la sensibilidad de varias especies de organismos a un compuesto dado.
- ✓ La evaluación de la efectividad de los sistemas de tratamiento de agua y el establecimiento de las condiciones óptimas de operación de las plantas tratadoras.
- ✓ La evaluación de la eficiencia de los métodos de remediación de suelos. (INECC 2009)

- **Ensayos Ecotoxicológicos**

Los ensayos de toxicidad son pruebas diseñadas para evaluar la potencia relativa de una agente o una sustancia contaminante sobre una o más especies de organismos de los sistemas biológicos acuáticos y terrestres, al tiempo que permiten caracterizar la relación concentración-respuesta entre el agente contaminante y el organismo sometido a prueba. (Escobar Malaver & Londoño Pérez, 2009)

La toxicidad de una sustancia es la propiedad que posee de perjudicar a la salud humana o la muerte de un organismo vivo, por medio de comparar el efecto de los organismos con el de una solución estándar. (Escobar Malaver & Londoño Pérez, 2009)

Los resultados de las pruebas de ecotoxicidad forman un criterio significativo en la determinación del efecto y riesgo de la descarga de contaminantes sobre ecosistemas, también se establecen valores límites permisibles para el control de sustancias tóxicas que son vertidas a los ecosistemas acuáticos, con el apogeo de la ecotoxicología, se ha reforzado la idea de realizar monitoreos y pruebas de toxicidad para la detección, predicción y control de los efectos de diferentes tipos de sustancias sobre los ecosistemas, en particular, el acuático. (Escobar Malaver & Londoño Pérez, 2009)

Los bioensayos con especies experimentales selectas, representantes de comunidades biológicas de los ambientes considerados se utilizan en la actualidad para determinar efectos tóxicos y genotóxicos. (Oocities 2009)

Entre los organismos empleados para realizar bioensayos, se enuncian varias especies como: bacterias; algas levaduras; hongos; plantas; nematodos; lombrices de

tierra; moluscos; crustáceos; insectos; peces; ranas y mamíferos (ratones, ratas, cobayos, conejos y otros). (Oocities 2009)

La evaluación de riesgo ecotoxicológico permite estimar la probabilidad de que se produzca un efecto ecológico adverso como resultado de la exposición a uno o más factores causantes de estrés (“stressors”). Dichos factores pueden ser físicos, químicos o biológicos. En la evaluación de riesgo se debe tomar en cuenta los efectos de los factores sobre organismos de variadas especies diferentes, y sobre poblaciones, comunidades y ecosistemas también. (fb.docs 2010)

Las actividades humanas generan ciertos impactos sobre la comunidad en un ecosistema manifestándose esencialmente en la alteración de proporciones entre los individuos de las diferentes especies pertenecientes a las condiciones antes de la contaminación, debida a la desaparición de algunas de ellas, el descenso significativo de sus abundancias o por el aumento de otras, importante también. Reconociendo que generalmente la diversidad disminuye a causa de la contaminación.

El ambiente está formado complejamente por distintos compartimentos, aire, agua, suelo, sedimento y biota. Los contaminantes (sustancias aisladas o mezclas químicas complejas) son distribuidos según sus propiedades entre los distintos elementos. Produciendo un intercambio de las sustancias entre los distintos compartimentos, estas sustancias y productos pueden causar efectos nocivos sobre los seres vivos del ecosistema. (Oocities.org, 2015)

- **Tipos de bioensayo según su técnica**

Ensayos Estáticos: Este consiste en colocar en cámaras de prueba o montajes las soluciones que se vayan a utilizar en el ensayo y los organismos que se van a examinar. En estos ensayos, las soluciones siempre son las mismas. (Martínez 2009)

Ensayos Semi-estáticos: en ellos se renueva periódicamente el medio de ensayo (ejemplo: una vez cada 24 horas). (Martínez 2009)

Ensayos de Flujo Continuo: en los que existe una renovación continua del medio de ensayo. (Martínez 2009)

Ensayos de reproducción: el período de exposición cubre al menos tres generaciones de los organismos de prueba. Permiten evaluar el comportamiento reproductivo como consecuencia de la exposición al tóxico. (Martínez 2009)

Ensayos de recuperación: en los que el período de exposición es seguido por la transferencia y observación de los organismos de prueba en un medio no tóxico. (Martínez 2009)

- **Criterios para la evaluación de resultados en los bioensayos**

Los resultados de los ensayos de toxicidad pueden ser evaluados basados en los siguientes criterios:

Interpretación: la muerte, crecimiento, reproducción son algunos de los parámetros usados para medir los efectos de un tóxico sobre un organismo, se espera que corresponda a los efectos observados en un ecosistema, cuando se asume que la concentración del tóxico en el ambiente es comparable con la de las pruebas realizadas en el laboratorio. Aunque es imposible reproducir exactamente todas las condiciones que hay en un ecosistema, con los resultados obtenidos se asume se pueda predecir los efectos en un ecosistema. (Martínez 2009)

Extrapolación: hace referencia a un criterio basado en los resultados obtenidos en las pruebas, y que puede predecir el peligro ambiental que cause un contaminante. Para un químico en particular este criterio está relacionado con la sensibilidad de especies de importancia económica, usualmente peces. (Martínez 2009)

Sensibilidad: la sensibilidad de la respuesta está sujeta al nivel de organización biológica del organismo de prueba, la duración de la prueba, y a la variabilidad de la respuesta. La sensibilidad de un sistema biológico a la acción de un tóxico se da en todos los ecosistemas, pero hay especies estándar con una alta sensibilidad a diferentes tóxicos, por esta razón son ampliamente utilizadas en ensayos de toxicidad. De la forma en que se realicen los ensayos de toxicidad, los resultados podrán tener una alta correlación con los efectos adversos observables en un ecosistema. (Martínez 2009)

Variabilidad: la determinación de una variabilidad que sea aceptable, es una cuestión metodológica y estadística. Sin embargo, ésta es inherente a la medición de la respuesta,

y al número de unidades experimentales. Es por eso que la metodología utilizada en los ensayos de toxicidad debe ajustarse correctamente para que las variaciones no sean significativas. (Martínez 2009)

Replicabilidad: existen técnicas toxicológicas estandarizadas con especies de prueba debidamente reconocidas que han sido publicadas para asegurar que los datos obtenidos sean completamente reproducibles en otros laboratorios. Sin embargo, como no en todos los laboratorios pueden aplicarse estas metodologías, para evitar variabilidad en los resultados se debe procurar tener condiciones muy similares a las utilizadas en otros trabajos. (Martínez 2009)

- **Aplicación de los ensayos de toxicidad al diagnóstico ambiental de efectos biológicos**

La evaluación de riesgo ecológico es un proceso de asignación de magnitudes y probabilidades a los efectos adversos de actividades antrópicas y catástrofes naturales; recurre tanto a métodos predictivos para la evaluación de la exposición, como de los efectos de sustancias tóxicas a distintos niveles de organización y escala trófica. Este último aspecto es de particular interés en el marco del presente manual, orientado a introducir al lector en el uso de técnicas bioanalíticas de diagnóstico con ensayos de toxicidad. Históricamente, los efectos han venido siendo estudiados en el nivel de los organismos, de las poblaciones y de los ecosistemas. Dado que en la mayoría de los casos no es posible la eliminación de la toxicidad, las agencias u organismos de protección ambiental deben definir la proporción de mortalidad o la reducción del crecimiento tolerable de las especies expuestas. Sin embargo, los ensayos de toxicidad y los modelos de extrapolación no son suficientes para encarar este tipo de problemas. Deberíamos preguntarnos ¿qué significa la muerte de un organismo en la escala de las poblaciones? Probablemente nada, dado que puede ser reemplazado a corto plazo, y además está programado, como condición de todo ser vivo, para que esto suceda. El problema de interés está relacionado con la evaluación de los efectos sobre la abundancia, producción y persistencia de las poblaciones y los ecosistemas. (Morales 2004)

A pesar del limitado alcance de la información proveniente de los ensayos de toxicidad para su extrapolación a escala ambiental, los estudios con organismos en laboratorio, en condiciones controladas y estandarizadas para la evaluación de respuestas,

han venido siendo las fuentes de información predominantes para la evaluación ecológica de los efectos de los contaminantes tóxicos. La ecología de poblaciones debe conectar información toxicológica con modelos poblacionales para predecir efectos a esa escala. Por otra parte, las evaluaciones ecotoxicológicas realizadas en ecosistemas deben tener en cuenta características como: interacciones entre poblaciones de distintas especies, cambios estructurales y cambios funcionales, observables en el contexto del ecosistema. Sin embargo, las evaluaciones a este nivel tienen una serie de restricciones relacionadas con el elevado costo y tiempo asociados, el limitado número de diseños estandarizados, de puntos finales de evaluación y la cantidad de información sobre efectos tóxicos requerida para su parametrización. (Morales 2004)

Existen diversos organismos de protección ambiental en países centrales (*Environment Canada, Environmental Protection Agency*, etcétera) y de estandarización (ASTM, OECD, AOAC, ISO, entre otros) que han concretado la elaboración e implementación de sistemas de diagnóstico, base para la generación de estrategias ecosistémicas de protección. Ello, orientado a la obtención de respuestas estandarizadas de laboratorio (bioensayos) que permiten asegurar, dentro de un cierto grado de confiabilidad, la medida obtenida. La estimación del riesgo ecológico se basa en modelos y procedimientos recientemente incorporados por algunos organismos de gestión de control ambiental. (Morales 2004)

- **Evaluación estadística de los ensayos**

La estadística desempeña un papel importante no solo para el cálculo, si no para la planificación y ejecución de las pruebas de toxicidad y para el análisis e interpretación de los resultados obtenidos en ellas. Por tanto, el diseño experimental, el muestreo, la modelación, la recolección de datos, las pruebas y los análisis deben ceñirse a principios estadísticos estrictos. En general, los métodos de análisis de los resultados están bien documentados, son aplicables a la mayoría de los datos obtenidos en este tipo de pruebas y pueden ser manejados por personas sin entrenamiento estadístico. (Martínez 2009)

El análisis de relación entre dos o más variables implica, en la mayoría de los casos, la utilización de técnicas estadísticas de regresión. Estas técnicas requieren, antes de ser aplicadas, la selección de la ecuación matemática (en adelante, el modelo) con la que se relacionaran las variables analizadas. A su vez, en la selección del modelo a

utilizar, es de vital importancia el tipo de variables a relacionar. En general, las variables se clasifican en cualitativas y cuantitativas, pudiéndose distinguir en el último caso entre discretas y continuas. Las cuantitativas discretas son las que sólo pueden tomar cualquier valor en el conjunto numérico de los enteros, mientras que las continuas pueden tomar cualquier valor en el conjunto numérico de los reales. Las variables cuantitativas pueden ser analizadas en forma directa a través de análisis estadísticos de regresión, mientras que las cualitativas deben ser expresadas de forma cuantitativa antes de ser analizadas. Este último caso es el que se verifica en los ensayos en los que se evalúa la mortalidad como variable, ya que ésta solo puede tomar los estados vivo o muerto (variable cuantitativa), y debe ser expresada como porcentaje de muertos antes de poder ser analizadas por métodos de regresión. Finalmente, es importante destacar que, en lo que respecta al análisis de las relaciones entre la concentración de un tóxico y la respuesta o efecto del mismo en la materia viva, existen otras aproximaciones al análisis de dichas relaciones en las que, básicamente sólo se pretende determinar la concentración a la cual no se observa un efecto nocivo del tóxico sobre el organismo expuesto, o la concentración más baja a la cual se observa efecto tóxico. Este tipo de análisis se realiza a través del método ANOVA (análisis de varianza). (Martínez 2009)

En una prueba de toxicidad típica se involucra un agente o estímulo, el cual es aplicado a un organismo al que genéricamente se denomina sujeto, sobre el cual se evalúa cierta respuesta. La magnitud del estímulo puede medirse como un peso, un volumen o una concentración. La respuesta del sujeto se valora mediante la cuantificación final de algunas características, el cambio de ella o por la ocurrencia o no de un determinado fenómeno (muerte, inhibición del crecimiento una contracción muscular, etc.). Las pruebas de toxicidad suelen diseñarse utilizando diferentes dosis, ya que la respuesta dependerá directamente de la concentración aplicada. (Martínez 2009)

La información obtenida de este tipo de ensayos permite la cuantificación de la relación entre las dos variables (dosis y respuesta). Normalmente, las pruebas de toxicidad se diseñan para comparar o estimar la potencia de un agente con relación a una preparación estándar o control. Es importante destacar que la respuesta a una dosis en particular se verá afectada en mayor o menor medida por factores no controlados durante el experimento. Para el análisis de las relaciones cuantitativas entre la dosis y la respuesta,

es necesario recurrir a modelos matemáticos que describan dicha relación. (Martínez 2009)

En general, los modelos matemáticos se pueden clasificar en:

Mecanístico: es un modelo que intenta describir un proceso basándose en postulados acerca de la mecánica de dicho proceso. (Morales 2004)

Empírico o descriptivo: es un modelo que intenta describir cuantitativamente los patrones de las observaciones sin basarse en los procesos subyacentes o mecánica del proceso. (Morales 2004)

Determinístico: es un modelo en el que dado un dato en particular, la predicción que se obtiene del modelo es siempre el mismo valor. (Morales 2004)

Probabilístico: es un modelo en el que dado un dato en particular, la predicción que se obtiene del modelo es un valor variable. (Morales 2004)

En el caso particular de las pruebas de toxicidad, los más utilizados son los de tipo empírico o descriptivo de forma rectilínea, a los cuales se llega muchas veces luego de haber transformado una o las dos variables estudiadas. Dentro de la gran cantidad de modelos y técnicas de análisis disponibles para evaluar los resultados de los ensayos de toxicidad, sólo se describirán aquellos asociados al análisis de los ensayos que se realizan. (Martínez 2009)

Métodos estadísticos: para que se dé el cumplimiento a los requerimientos de validez y precisión de las pruebas se debe utilizar una metodología estadística desde la planificación hasta la ejecución y, luego, el posterior análisis de los resultados. El criterio básico para seleccionar el método estadístico, es coger el que se ajuste a las condiciones experimentales y que permita obtener resultados válidos. (Martínez 2009)

Diseño experimental: las condiciones de experimentación tienen que ver con la reproducibilidad o Replicabilidad. En este sentido, las propiedades físicas y químicas de los compuestos químicos que se utilizan deben ser muy bien conocidas y controladas, por lo que la preparación y almacenamiento de los compuestos y solventes constituyen un elemento técnico importante, además de los asociados con la producción de los

organismos de prueba. Igualmente, el uso de réplicas es básico, cuando se lleva a cabo la evaluación estadística de medidas. (Martínez 2009)

En pruebas de toxicidad deben tenerse en cuenta algunos factores que pueden ser una fuente potencial de confusión. Entre ellos se pueden mencionar: número de repeticiones, número de tratamientos/grupos de dosis o concentraciones. El principio básico en el diseño estadístico es la aleatorización, por ello los esfuerzos y el tiempo dedicados a cumplir con este principio producirán resultados más confiables y reproducibles, ya que el concepto de muestra aleatoria es un requisito indispensable para la validez de cualquier prueba estadística. En las pruebas de toxicidad en general se utilizan dos diseños básicos:

1. Establecimiento de una relación dosis-respuesta.
2. Análisis de varianza (ANOVA). (Martínez 2009)

Como resultado del análisis de los datos de un diseño para estimar una relación dosis-respuesta, lo que se pretende obtener son las estimaciones de los parámetros del modelo seleccionado para relacionar las variables y, a continuación, utilizar el modelo con las estimaciones de los parámetros encontrados para determinar los valores de la variable concentración de tóxico que causan un grado de efecto, en particular sobre los organismos expuestos. Entre estas concentraciones, la más utilizada es la que se conoce como concentración letal 50 (CL50-48), que es la concentración que produce la respuesta esperada sobre el 50% de los organismos expuestos en un periodo determinado por ejemplo 48 horas. Establecimiento de una relación dosis-respuesta de tipo mortalidad: la selección del método a utilizar para estimar los valores de CL50-48 de pruebas de toxicidad aguda dependerá de la forma de la distribución de tolerancias, y que tan bien las concentraciones seleccionadas la caracterizan (por ejemplo, el número de mortalidades parciales). En general, se recomiendan cuatro métodos para la estimación de la CL50 los cuales son:

Método probit (paramétrico): el método consiste en la aplicación de correlaciones estadísticas para estimar las consecuencias desfavorables sobre una población a los fenómenos físicos peligrosos; nos da una relación entre la función de probabilidad y una determinada carga de exposición. (Martínez 2009)

Método de litchfield-Wilcoxon (gráfico): este método consiste en la construcción de una gráfica a partir de los datos obtenidos en pruebas de toxicidad aguda de un agente tóxico. Se utiliza papel prob-log, en el cual se colocan en el eje de las X el logaritmo (X) de las concentraciones usadas y en el eje de las Y el porcentaje de respuesta del efecto observado. Para el cálculo de la CL50 mediante este método, es necesario tener por lo menos, un porcentaje intermedio de efecto observado (valores entre 0% y 100% de efecto). (Martínez 2009)

Método de Spearman-Kärber (no paramétrico): es un método aproximado, no paramétrico, que proporciona una buena estimación de la media y la desviación estándar. Si la distribución es simétrica se obtiene una estimación de la concentración total mediana (CL50). (Martínez 2009)

Método gráfico: en este método, se parte de los datos obtenidos en las pruebas de toxicidad aguda, y utilizando papel logarítmico se grafican en el eje de las X las concentraciones (mg/L) y en el eje de las Y el porcentaje de mortalidad. Se colocan los puntos de los porcentajes de mortalidad observados (en escala lineal) en función de las concentraciones probadas (en escala logarítmica); se conectan los puntos obtenidos más cercanos al 50% del efecto observado, o sea, a la mayor concentración que no causa efecto tóxico. A partir de la recta trazada, se obtiene el punto de corte correspondiente al 50% del efecto observado. Este valor corresponde a la CL50 del estímulo o agente estudiado, cuando no se logra hacer un ajuste adecuado de los datos, se pueden utilizar otros métodos para hacer las estimaciones de la CL50. (Martínez 2009)

Análisis de varianza (ANOVA): en estadística el análisis de varianza (ANOVA) es una colección de modelos estadísticos y sus procedimientos asociados. Esta prueba está diseñada para comparar los resultados obtenidos para un tratamiento en particular contra un control (tratamiento con dosis cero). Para este tipo de análisis se requiere que el número de réplicas por tratamiento sea superior a tres y que todos los tratamientos tengan el mismo número de réplicas. En el caso que las réplicas sean menor de tres no se deberá proceder con una prueba hipótesis. (Martínez 2009) (Wikipedia, Wikipedia 2015)

3.3.7 Xenobióticos

Un xenobióticos es un compuesto ajeno al cuerpo. Las principales clases de xenobióticos de importancia médica son los fármacos, carcinógenos químicos y varios compuestos que han llegado a nuestro ambiente de una u otra manera, como bifenilos policlorinados (PCB) y ciertos insecticidas. Existen más de 200,000 compuestos químicos ambientales fabricados por el ser humano. Gran parte de estos compuestos está sujeto a metabolismo (alteración química) en el cuerpo humano, siendo el hígado el órgano principal en que esto ocurre; en ocasiones, un xenobióticos puede excretarse sin cambio. Cerca de 30 enzimas catalizan las reacciones que participan en el metabolismo de los xenobióticos. (Wikipedia, Wikipedia 2015)

Los procesos más importantes por los que se degradan los compuestos xenobióticos son la fotodegradación por radiaciones solares, los procesos de oxidación y reducción química y la biodegradación por los microorganismos. Pero debido a su estructura inusual, algunos xenobióticos persisten mucho tiempo en la biosfera sin alterarse y por eso se dice que son recalcitrantes a la biodegradación, llegando a ser contaminantes. (Wikipedia, Wikipedia 2015)

La razón fundamental de que muchos compuestos sintéticos no sean fácilmente biodegradables radica en la gran estabilidad de su estructura química. Muchos compuestos sintéticos tienen estructuras químicas distintas a las de compuestos naturales, pero incluso los que tienen estructuras similares a las naturales suelen contener modificaciones que los hacen muy estables. Esto hace que las capacidades degradativas de los seres vivos actúen más lentamente. (Wikipedia, Wikipedia 2015)

Estos compuestos sintéticos tienen un gran interés desde el punto de vista de la microbiología, porque gracias a su existencia se ha producido la desviación de rutas metabólicas capaces de atacarlos y degradarlos, y de servir como compuestos de carbono para el sustento de muchos microorganismos. (Respuesta 2015)

3.3.8 Problemas de Contaminación en el Río Burro de la Ciudad de Manta

- **Denuncian grave impacto ambiental en Manta**

Una denuncia al Ministerio del Medio Ambiente sobre la grave contaminación que ocasionan seis lagunas de oxidación, ubicada en el sitio San Juan, de Manta, documentada en el diario “El Extra” en lo que se pudo constatar que Las aguas que, aparentemente, están tratadas, realizan un recorrido de escape desde río Burro, ubicado en la zona de Tarqui, para luego desembocar en el mar, en la misma playa de esa parroquia. Por lo que los moradores solicitan la reubicación de las pozas de aguas residuales. (Extra 2010)

Mientras tanto, representantes de la Empresa Pública Aguas de Manta (EPAM) dicen que se toman correctivos al problema y sostienen lo siguiente:

“Las lagunas de oxidación, ubicadas en San Juan, de Manta, pasaron sus vidas útiles, están colapsadas por la sobrepoblación que existe en la ciudad, contamos con aproximadamente 260 mil habitantes y estas fueron construidas hace 40 años, cuando aún no estaban las ciudadelas afectadas”. (Extra 2010)

- **La contaminación en las playas de Manta continúa**

El 13 de Junio del 2013 en una tubería que desemboca a lado del Yatch Club, se observó la descarga de aguas negras en gran cantidad; tanto era el problema que en una parte del mar se había formado una especie de “sábana blanca” producto de la suciedad que arrojaba la alcantarilla. (El Diario, 2013)

Otro foco de contaminación es también en el río Burro, frente al centro comercial Gran Akí, se observa también un panorama parecido, las descargas de aguas negras afectan a los moradores del barrio Miraflores. Habitantes de la zona, indican que hay ocasiones en las que el agua que sale del colector apesta tanto que “no soportan el olor”. (El Diario, 2013)

- **Barrios de Manta, alertas por la contaminación**

Los pobladores de nueve barrios periféricos de Manta y de la parroquia Tarqui insisten en sus reclamos a las autoridades locales para que solucionen definitivamente el problema de la contaminación ambiental. (El Universo, 2003)

La Coordinadora de Movimientos Sociales detectó que la Empresa de Agua Potable y Alcantarillado de Manta (Eapam) no estaba trabajando correctamente en el plan de emergencia contra la contaminación. (El Universo, 2003)

Los bañistas no son los únicos que sufren enfermedades debido al agua contaminada con heces, combustible y desechos industriales. (El Universo, 2003)

Las estadísticas del subcentro de salud Río Manta, situado en Barrios Unidos, indican que el 97% de los menores de la zona han sufrido de parasitosis, diarrea, dermatitis y otras infecciones. Por esto, los Barrios Unidos no solo exigieron una auditoría ambiental, sino que denunciaron el caso a organismos de derechos humanos. (El Universo, 2003)

3.3.9 Aguas del Mar

Se cree que agua salada se dio debido a que los cloruros y el sodio tienen gran facilidad de dilución y son fácilmente arrastrados, y ya que todas las corrientes llegan a al mar por escorrentías tiene esa característica. La densidad media en superficie es de 1,025 g/ml, siendo más densa que el agua dulce y el agua pura. A mayor contenido en sal más baja su punto de fusión, por lo que el agua del mar se convierte en hielo sobre los -2 °C, si bien se ha registrado una corriente en la Antártida a $-2,6$ °C. El océano contiene un 97,25 % del total de agua que forma la hidrosfera. (Xavier 2014)

- **Origen**

Las teorías científicas detrás de los orígenes del agua marina empezaron con Edmond Halley en 1715, quien propuso que la sal y otros minerales fueron arrastrados al mar por los ríos desde los continentes. Estos provendrían del lavado continuo de los minerales terrestres mediante la lluvia. Una vez llegando al océano, estas sales se fueron concentrando cada vez más en los océanos mediante el ciclo hidrológico. Halley también se dio cuenta que aquellos lagos que no tenían salida al mar (como el mar Muerto o el mar Caspio) tenían altas concentraciones salinas. Halley denominó al proceso "desgaste continental". (Wikipedia, Wikipedia 2015)

La teoría de Halley era parcialmente correcta. A esto habría que añadirle el sodio sobre el fondo oceánico cuando este se formó. La presencia del otro ion salino, el cloro parece provenir de los escapes gaseosos provenientes del interior de la Tierra y que

escapan vía hidrotermal o en las erupciones volcánicas. La teoría comúnmente aceptada es que la salinidad ha sido estable durante la vida de la Tierra, y que los iones de sal mantienen un ciclo continuo que los hace penetrar y ser expulsados en el interior de la Tierra. De esta forma las sales reaccionan con los basaltos del fondo oceánico, que una vez tragados mediante el proceso de subducción vuelven a salir expulsados por las corrientes hidrotermales y los volcanes. (Wikipedia, Wikipedia 2015)

Hoy por hoy los modelos están siendo cuestionados, existiendo varias publicaciones que discuten sobre la posibilidad de que los océanos arcaicos fueran mucho más salinos que en la actualidad. (Wikipedia, Wikipedia 2015)

El agua de mar es una disolución en agua (H₂O) de muy diversas sustancias. Hasta los 2/3 de los elementos químicos naturales están presentes en el agua de mar, aunque la mayoría sólo como trazas. Seis componentes, todos ellos iones, dan cuenta de más del 99 % de la composición de solutos. (Iveth 2013)

- **Salinidad**

Salinidad media de los océanos en superficie en unidades prácticas de salinidad (PSU). El estudio de la composición se simplifica por el hecho de que las proporciones de los componentes son siempre aproximadamente las mismas, aunque la concentración conjunta de todos ellos es enormemente variable. Nos referimos a esa concentración total como salinidad, que suele expresarse en tanto por mil (‰). Gracias a la universalidad de su composición, la salinidad suele ser estimada a partir de la medición de un solo parámetro, como la conductividad eléctrica, el índice de refracción o la concentración de uno de sus componentes, generalmente el ion cloruro (Cl⁻). (Iveth 2013)

La salinidad presenta variaciones cuando se comparan las cuencas, las distintas latitudes o las diferentes profundidades. Favorece una salinidad más elevada la evaporación más intensa propia de las latitudes tropicales, sobre todo en la superficie, y una menor salinidad la proximidad de la desembocadura de ríos caudalosos y las precipitaciones. (Iveth 2013)

- **Densidad**

La densidad del agua del mar es una de sus propiedades más importantes. Su variación provoca corrientes. Es determinada usando la ecuación internacional de estado del agua de mar a presión atmosférica, que es formulada por la Unesco (UNESCO Technical Papers in Marine Science, 1981) a partir de los trabajos realizados a lo largo de todo este siglo para conocer las relaciones entre las variables termodinámicas del agua del mar: densidad, presión, salinidad y temperatura. La densidad de la típica agua del mar (agua salada con un 3,5 % de sales disueltas) suele ser de 1,02819 kg/L a los -2 °C, 1,02811 a los 0 °C, 1,02778 a los 4 °C, etc. (Iveth 2013)

- **pH**

El agua oceánica es ligeramente alcalina, y el valor de su pH está entre 7.5 y 8.4 y varía en función de la temperatura; si esta aumenta, el pH disminuye y tiende a la acidez; también puede variar en función de la salinidad, de la presión o profundidad y de la actividad vital de los organismos marinos. (Iveth 2013)

- **Gases**

Los gases disueltos son los mismos que componen el aire libre, pero en diferentes proporciones, condicionadas por diversos factores. La temperatura y la salinidad influyen reduciendo la solubilidad de los gases cuando cualquiera de esos dos parámetros aumenta. Otros factores son la actividad metabólica de los seres vivos y los complejos equilibrios químicos con los solutos sólidos, como el ion bicarbonato (HCO_3^-). La concentración total y la composición de los gases disueltos varían sobre todo con la profundidad, que afecta a la agitación, la fotosíntesis (limitada a la superficial zona fótica) y la abundancia de organismos. (Iveth 2013)

En aguas oceánicas superficiales bien mezcladas, la composición típica de gases disueltos incluye un 64 % de nitrógeno (N_2), un 34 % de oxígeno (O_2) y un 1,8 % de dióxido de carbono (CO_2), muy por encima este último del 0,04 % que hay en el aire libre. El oxígeno (O_2) abunda sobre todo en la superficie, donde predomina la fotosíntesis sobre la respiración, y suele presentar su mínimo hacia los 400 m de profundidad, donde los efectos de la difusión desde el aire libre y de la fotosíntesis ya no alcanzan, pero donde

todavía es alta la densidad de organismos consumidores, que lo agotan. La temperatura, más baja en los fondos profundos, afecta a la solubilidad de los carbonatos. (Iveth 2013)

TABLA N° 1

EJEMPLOS DE COMPUESTOS TÓXICOS QUE APARECEN A MENUDO EN LOS DESECHOS QUÍMICOS

Contaminantes y su efecto sobre la salud en caso de valores extremos	
Arsénico	Cancerígeno (piel, pulmones), calambre, daños en el sistema nervioso.
Bario	Efecto sobre el estímulo y la contracción muscular, influencia sistema nerviosos
Benceno	Cancerígeno, leucemia, anemia
Cadmio	Problemas bronquiales y pulmonares, anemia, dolores gastrointestinales, daños al hígado y riñones
Clorobenceno	Daños en el sistema respiratorio, influencia el sistema nerviosos central, daños en el hígado, cancerígeno, daños en el hígado y riñones
Chlordan	Cancerígeno, daños en el hígado y riñones
Cromo	Daños en el riñón, cáncer
Diclorobenceno	Aparentemente cancerígeno, daño del sistema nervioso central
1,1 Dicloroetano	Daños en el hígado, Aparentemente cancerígeno, vómito
1,2 Dicloroetano	Daños cerebro y nervios, problemas en hígado y riñones, vómito
Niquel	Molestias gastrointestinales y del sistema nervioso.
PCBs	Daños en la piel, y el hígado; vómito, pérdida de peso, anemia, coma, la muerte.
Pentaclorofenol (PCP)	Pérdida del apetito, problemas respiratorios, coma, la muerte.
Mercurio	Daños renales, efectos mortales
Selenio	Cancerígeno, inflamaciones de la piel y las mucosas
Sulfato	Diarrea
Tetracloroetileno	Daños del sistema nervioso central, cancerígeno
Tolueno	Efecto narcótico, inflamación de los ojos y vías respiratorias
1,1,1-tricloroetano	Efecto narcótico, problemas del sistema nervioso central, inconciencia, posiblemente daños del hígado
Tricloroetileno	Tricloroetileno Daños del sistema nervioso central, pérdida de la coordinación, cancerígeno, corrosivo fuerte
2,4,6-Triclorofenol	Presumiblemente cancerígeno
Dicloroetileno	Vómito
Etilenbromuro (EDS)	Impotencia, cuando hay efecto crónico afecta los huesos o cancerígeno
Cobre	Problemas gastrointestinales, cirrosis en niños, la enfermedad de Wilson
Lindano	Daños en hígado y riñones, anemia, leucemia
Trihalometano (THMs)	Daños del sistema nervioso, inconciencia
Compuestos de vinilo y cloro	Daños del sistema nervioso y muscular, de la vista y el oído, molestia en las mucosas, inconciencia
Xileno	Daños en pulmones y riñones
Zinc	Calambre, dolor muscular, pérdida del apetito, vómito.

FUENTE: Virtual Unal 2013

ELABORADO POR: Virtual Unal 2013

3.3.10 Modelo Biológico

Un organismo modelo en biología es una especie muy estudiada para entender fenómenos particulares, que puedan explicarnos cómo funcionan diversos procesos en otros organismos. Particularmente, los organismos modelos son muy empleados para analizar las causas de enfermedades humanas y posibles tratamientos ya que la experimentación aplicada en humanos es contraria a la bioética. Esta táctica ha sido posible seguirla debido a la relación evolutiva de todos los organismos con vida (la descendencia de un ancestro común) que comparten diversos mecanismos metabólicos, material genético y mecanismos del desarrollo biológico. (Wikipedia, Wikipedia 2015)

- **Artemia Salina**

Las Artemias son crustáceos muy pequeños, mide, entre 1 (a veces algo menos) y 1,5 cm, según la edad y las condiciones ambientales. Sin embargo, existen Artemias mucho más pequeños como la Artemia partenogenética que mide unos 3 mm de longitud. (González 2009)

Las especies de Artemia pueden desarrollarse en medios altamente salinos, se ha visto que esta especie puede vivir en condiciones mayores a 300 PPM, y su crecimiento es inversamente proporcional a la salinidad, porque las artemias en mayores concentraciones de sal presentan menor tamaño y es más lento su desarrollo.

Las Artemias viven en aguas salobres del continente, como lagunas, lagos (endorreicos) o salinas, pero no en los mares ni en los océanos. Las Artemias son animales con una gran capacidad de colonizar los ambientes más inhóspitos, como por ejemplo, charcos con poca agua que se secan rápidamente. De hecho, la mayoría de especies de Artemia viven en las zonas secas del planeta. (González 2009)

Las Artemias han desarrollado la formación de quistes como mecanismos de supervivencia a los ambientes a veces tan hostiles en los que viven, las Artemias tienen una gran capacidad de tolerar niveles elevados de salinidad, porque tienen sistemas para regular la presión osmótica de su cuerpo. Estos crustáceos diminutos pueden vivir en ambientes poco oxigenados, como consecuencia de la gran salinidad de las aguas donde viven, ya que se aumenta la síntesis de hemoglobina (la proteína responsable de transportar el oxígeno en la sangre hasta los tejidos del cuerpo) como respuesta al incremento de la salinidad del agua. La Artemia parthenogenetica es especialmente resistente a las hostilidades del medio. (González 2009)

En las Artemias es frecuente hablar de endemismos, puesto que existen especies que viven en zonas muy restringidas y concretas del mundo. Un ejemplo de ello es la Artemia Mónica que solamente existe en un lago californiano, el Lago Mono, de ahí su nombre científico o la Artemia persimili, propia de Argentina. (González 2009)

Las Artemias son tremendamente abundantes en los pequeños espacios que han escogido para vivir, ya que son pocos los animales que pueden tolerar tan bien las grandes valoraciones que sufren los ambientes donde viven las Artemias, también hay Artemias

que tienen una gran área de distribución, como la Artemia franciscana, que vive en todo el mundo, excepto en la Antártida; el único continente donde es imposible encontrar a este crustáceo. Originalmente, esta especie de Artemia vivía solamente en América. (González 2009)

Las Artemias tienen fototropismo positivo, o lo que es lo mismo, sienten atracción a la luz como las plantas. Esta propiedad se percibe en las Artemias cuando al iluminar una zona concreta del recipiente donde viven las Artemias se dirigen a ellas nadando de una forma muy curiosa, de espaldas. Siendo esta la forma normal de nadar de mencionados crustáceos siguiendo trayectorias rectas que solo abandonarían cuando algo les asuste, en cuyo caso cambian de forma brusca de recorrido. También es común que estos animales naden a contra corriente. (González 2009)

- **Otras características de la Artemia salina**

Sobre su aspecto comportamiento

Las artemias a nivel mundial son expandidas con el nombre de “Sea Monkeys” o monos de mar. (Online 1999)

El motivo de nombrar así a esta especie de crustáceos no se debe a que tenga similitudes con cualquier especie de primates, sino al que las artemias presentan una cola que la usan para su locomoción y desplazamiento tal como lo hacen los primates a través de las lianas de la selva. (Online 1999)

Sobre su alimentación

Las Artemias son animales filtradores o también llamados suspensívoros, como lo son también muchos moluscos tales como los mejillones las ostras. Mediante la corriente que crean con el movimiento de los apéndices torácicos, llamado filópodos, las Artemias filtran algas unicelulares (dunaliella, tetrahedron, chaetocercos) rotíferos y detritos. (González 2009)

El alimento de las artemias depende de su tamaño, las artemias adultas pueden llegar a comer minúsculos crustáceos y atraparlos con sus extremidades. La disolución

del alimento también es un factor clave en la dieta de esta especie, ya que por ser filtradores, las sustancias disueltas son mejor aprovechadas por ellas. (González 2009)

Por lo general las artemias no seleccionan sus alimentos, lo que facilita su alimentación.

Los rotíferos son otro tipo de alimento vivo que se puede dar a las Artemias. Las Artemias que viven en la naturaleza se alimentan, de alimento vivo, pero también de detritus y restos de materia orgánica que se encuentran acumulados en el fango, por lo que aparte de alimento vivo, como los rotíferos podemos darle a las Artemias alimento inerte (el alga espirulina que venden en las tiendas también es alimento inerte), aunque asumimos con su introducción en el recipiente de las Artemias de tener algún que otro problema en la calidad del agua puesto que este tipo de alimento ensucia más el agua que el alimento vivo. (González 2009)

De todas formas, podemos colar la comida que daremos a las Artemias para que las partículas más gordas que no podrán comer las Artemias no ensucien el agua y así minimizar el problema de contaminación del agua. Sin embargo la ventaja principal de dar alimento inerte es la comodidad, aparte de que es mucho más barato. (González 2009)

A parte de la solubilidad del alimento, la cantidad de comida que les damos a las Artemias influye en la calidad del agua en donde viven las Artemias. Si pasado un tiempo tras la administración del alimento a nuestras Artemias, el agua continua estando notablemente turbia esto quiere decir que debemos darle menos alimentos de lo que solemos. (González 2009)

El alimento inerte se puede proporcionar a las Artemias como una mezcla homogénea de harina de arroz o de trigo, germen de trigo, salvado de arroz, harina de soja, yema de huevo, alga espirulina y levaduras. (González 2009)

Sobre su reproducción

Las Artemias tienen un ciclo de vida de tipo anual con una reproducción bastante complicada: partenogénesis, reproducción ovípara u ovovípara (Online 1999)

Cuando la Artemia alcanza 1 cm de longitud, al cabo de un mes aproximadamente, es cuando están listas para reproducirse, dado que ya tienen el aparato reproductor bien formado. (González 2009)

Una salinidad muy alta, acompañado de una escasez de comida, favorece la reproducción ovípara. Los huevos producidos en estas condiciones, los quistes de Artemia, pueden resistir bastante tiempo sin desarrollarse hasta que mejoran las condiciones ambientales, es decir, hasta que el agua deja de ser extremadamente salada y el alimento cada vez es más frecuente, la temperatura es más adecuada o bien hasta que simplemente los quistes se rehidratan. Los quistes de Artemia aguantan periodos de desecación de muchos años. Durante todo este tiempo el embrión que alberga el quiste se encuentra como dormido. El quiste está en criptobiosis esperando a que las condiciones ambientales mejoren para desarrollarse. (González 2009)

El corion es la sustancia, producida por una glándula de la Artemia, la glándula de la cascara, que rodea a los huevos y los protege del medio ambiente. Cuanto mayor es la densidad del agua, mayor es la capa de protección del huevo y también más tiempo necesitan los huevos para eclosionar. (González 2009)

De forma muy parecida a las dafnias, las Artemias pueden colonizar nuevos hábitats cuando sus quistes quedan adheridos a las plumas o patas de las aves acuáticas o incluso cuando son transportados por el viento. (González 2009)

Las Artemias macho se diferencian de las hembras porque tienen en la cabeza unas estructuras que les sobresalen, mientras que las hembras tienen unas antenas muy sencillas. Se trata de unas antenas modificadas y desarrolladas para el apareamiento, con ellas el macho sujeta a la hembra. Las hembras tienen a la base de la cola, el útero, que se ve muy engrosado. (González 2009)

Observando a las Artemias hembras podremos saber si pronto tendremos ya crías de Artemia, puesto que cuando las Artemias están cargadas de huevos se les puede ver a través del útero como una mancha de color naranja. (González 2009)

Existen cepas de Artemia que se reproducen por partenogénesis, pero el caso más sorprendente es el de la Artemia parthenogenetica cuyos individuos se reproducen casi

todo el tiempo de forma parthenogenetica. La reproducción parthenogenetica permite colonizar nuevos ambientes porque genera una gran cantidad de individuos nuevos con la única condición de que esos ambientes sean adecuados para la Artemia, sin grandes variaciones en las condiciones del hábitat. (González 2009)

En cambio, cuando los ambientes son desfavorables para la vida de las Artemias, estos animales se reproducen por reproducción sexual como forma de adaptación (la reproducción sexual genera variabilidad genética por tanto, también algunos individuos con características más adecuadas para sobrevivir a un medio determinado). Para disponer de los nauplios solamente deberemos vigilar con la salinidad del agua y evitar que sea muy alta. (González 2009)

Con una baja salinidad, por ejemplo de 38 gramos de sal por litro de agua dulce, que es la salinidad que tiene el mar mediterráneo las pequeñas Artemias romperán el cascaron en cuestión de horas. (González 2009)

Las Artemias también se pueden reproducir de forma ovovivípara, los huevos se desarrollan en la cámara de incubación de los huevos o también llamada ovisaco hasta que están totalmente desarrollados como nauplios, momento en el que se produce la liberación al agua de los nauplios de Artemia. (González 2009)

Aunque los adultos de Artemias pueden ser una buena fuente de alimento, muy adecuada para ciertos peces de mayor tamaño, todavía continúan usándose poco como alimento, empleándose en su lugar casi exclusivamente las larvas de las Artemias o nauplios por su mayor disponibilidad en el mercado obtenidas a partir de quistes comerciales de Artemia. (González 2009)

La cría de la Artemia es a la vez, una buena forma de disponer de un número adecuado de Artemias adultas para emplearlas como alimento vivo para peces y crustáceos. (González 2009)

Sobre los lugares en los que viven

Las Artemias viven en aguas saladas y, a veces, extremadamente saladas pero nunca habita en los mares ni océanos. (pecesdiscoymas, pecesdiscoymas 2013)

Sobre los peligros que le amenazan

La Artemia es cazada con la ayuda de sus picos por los flamencos. (pecesdiscoymas, pecesdiscoymas 2013)

Sobre su utilidad

Las Artemias se utilizan en la acuariología como alimento dado su gran valor nutricional. Son muy ricas en proteínas y lípidos insaturados del tipo omega 3, nutrientes importantes para el desarrollo de los alevines y, además, su gran contenido en carotenos favorece que los peces tengan bonitos colores. (pecesdiscoymas, pecesdiscoymas 2013)

Utilidad de la cría de la Artemia salina

La Artemia es utilizada para alimentar a las crías (alevines) de muchas especies de peces ya que estos animalillos son muy importantes para el desarrollo de los peces, tanto en la acuariofilia como en la piscicultura o acuicultura destinada a la cría de los peces para el consumo humano. (pecesdiscoymas, pecesdiscoymas 2013)

Sobre todo en el caso de las Artemias adultas, la introducción de la Artemia en el acuario tiene mayor importancia en la alimentación de aquellos peces adultos de pequeño tamaño cuyas bocas también son más pequeñas como para ingerir alimentos demasiados grandes para ellos. (pecesdiscoymas, pecesdiscoymas 2013)

Las Artemias son también un alimento muy interesante para las crías de peces bastante crecidas, en cuyo caso se alimentan con las crías de Artemia, los nauplios. Pero la realidad es que aunque los alevines de peces también se pueden alimentar con rotíferos, como *Brachionus plicátiles*, y protozoos (o infusorios) principalmente los paramecios, la lista de alimento vivo adecuado para los alevines no es mucho más grande. Naturalmente, no sucede lo mismo, cuando los peces viven en estado salvaje, pero es un inconveniente que los peces deben pagar a cambio de tener una vida tranquila sin la presencia de sus depredadores naturales. (pecesdiscoymas, pecesdiscoymas 2013)

Especialmente en los peces de agua salada, como los caballitos de mar, si no queremos gastarnos mucho dinero con las crías de los peces vivíparos como guppies, platys o mollies, las Artemias son indispensables para el mantenimiento de este tipo de peces, dado que no aceptan alimento que no sea vivo y el alimento preparado comercial deshidratado no es útil. La Artemia en la alimentación de los peces, tanto si son de agua salada como agua dulce, es de una gran importancia por el mero hecho de que este crustáceo es la base de la cadena alimentaria de muchos animales acuáticos por ser un animal muy abundante ya que forma parte del zooplancton de las aguas saladas del continente, lo mismo que sucede en la pulga de agua con las aguas dulces continentales. (pecesdiscoymas, pecesdiscoymas 2013)

Sin embargo, el valor nutricional de la Artemia es mucho más alto que el de la dafnia. El contenido en proteínas es más de 6 veces superior en la Artemia que en la pulga de agua, aunque la cantidad de proteínas que aportan los adultos de Artemia es menor que el valor en proteína de sus crías. (pecesdiscoymas, pecesdiscoymas 2013)

Las Artemias son ricas en ácidos grasos omega 3, nutrientes que tienen una importante función en el desarrollo del sistema nervioso de los peces que se encuentran en crecimiento. Además, las Artemias son muy ricas en beta carotenos, de ahí el colorido naranja que tienen cuando están bien sanas, y, por lo tanto, sirve para proporcionar a los peces unos colores más vivos y bonitos. Detalle importante, sobre todo, en la cría comercial de peces. (pecesdiscoymas, pecesdiscoymas 2013)

El único punto flojo de las Artemias en cuanto a proteínas nutricionales es su bajo contenido en calcio, además de ser un alimento casi insustituible de muchos peces, también es útil para alimentar a otros crustáceos, como langostinos o camarones, y es casi la única manera de alimentar a las crías de otros animales acuáticos, como corales, anemonas o esponjas. Por otra parte, la utilidad de las Artemias no se limita en el campo de la acuariofilia, de la acuicultura, con el cultivo de crustáceos y de otros muchos organismos marinos. (pecesdiscoymas, pecesdiscoymas 2013)

Las Artemias pueden ser también un buen alimento para el ser humano. De hecho, en algunos países del mundo, como en Libia, las Artemias se comen mezcladas con pan. En algunas comunidades indígenas de Sudamérica las Artemias se emplean como comida

acompañadas de maíz. La Artemia es también utilizada como alimento para personas en algunas tribus de África. (pecesdiscoymas, pecesdiscoymas 2013)

Condiciones de la cría de la Artemia salina

- ✓ La temperatura óptima se encuentra entorno a los 25° C.
- ✓ El pH debe de ser básico (desde 7,5 a 8,5) y el agua donde están las Artemias es importante que se encuentre bien oxigenada (González 2009)
- ✓ El agua de su medio siempre es necesario que tenga algo de sal para su supervivencia.
- ✓ Los valores de salinidad más recomendados son los cercanos a los que tiene el mar Mediterráneo, debido a que tiene una baja salinidad, comparada con la salinidad de otros medios salinos
- ✓ Se recomienda que por cada litro de agua dulce se diluya valores no mayores a 38 gramos de sal.
- ✓ El agua empleada puede ser del grifo pero es importante que se la deje reposar un par de días para que se evapore el cloro.

Estas condiciones son importantes principalmente para que se dé una eclosión adecuada de los quistes de Artemia (González 2009)

- **Morfología y ciclo vital**

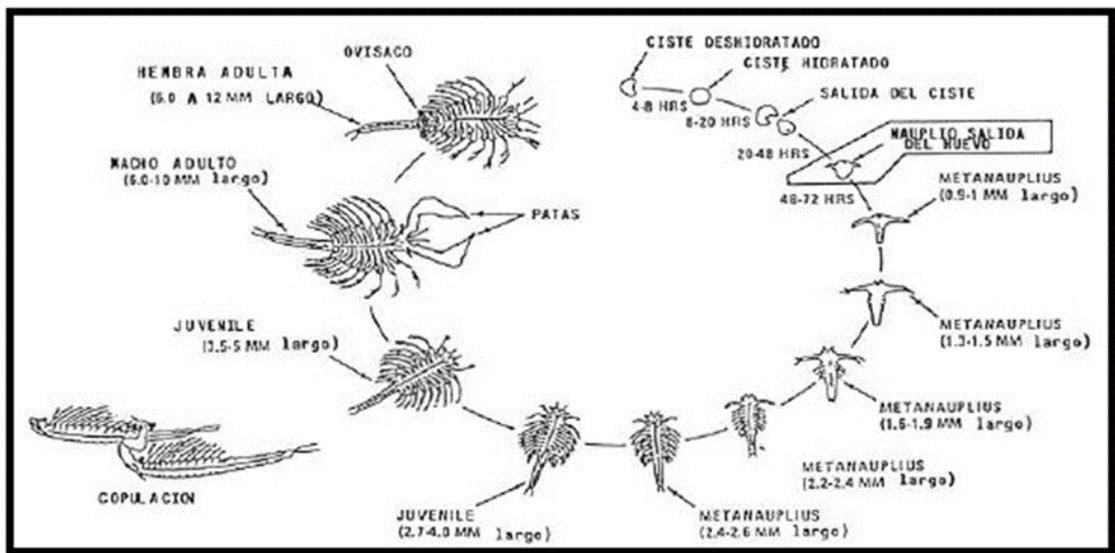
El ciclo vital inicia con minúsculas partículas marrones (de 200 a 300 micras de diámetro) que flotan en la superficie del lago y son arrastradas hasta las orillas. Se forma un polvo inerte, que no es en realidad los quistes secos inactivos de la Artemia, en estado de criptobiosis (“durmiendo”) manteniéndose así durante el tiempo que permanezcan secos. (Gorgon 2008)

Una vez colocados en agua salina, los quistes bicóncavos se hidratan dando una forma esférica, recuperando el embrión su metabolismo reversible interrumpido. La membrana externa de los quistes se rompe (“breaking”) después de unas 24 horas apareciendo el embrión rodeado por la membrana de eclosión. (Pesca s.f.)

En las siguientes horas, el embrión abandona totalmente la cáscara del quiste: colgando mientras tanto de la cápsula vacía la cual persiste todavía unido (estado de “umbrella”). (Orgánica 1999)

Completándose el desarrollo del nauplio dentro de la membrana de eclosión, comenzando a mover sus apéndices y la membrana de eclosión se rasga (“hatching”) brotando el nauplio que nada libremente en un corto periodo de tiempo. (Gorgon 2008)

FIGURA N° 3
CICLO DE VIDA DE LA ARTEMIA SALINA



FUENTE: FAO 2003

ELABORADO POR: Departamento de Pesca 1989

El primer estado larvario llamado también estado I, mide entre 400 y 500 micras de longitud, tiene un color pardo anaranjado (por acumulación de reservas vitelinas) y posee tres pares de apéndices: el primer par de antenas, también llamadas anténulas y que tienen una función sensorial; el segundo par de antenas con función locomotora y filtradora; y las mandíbulas con una función de toma de alimento. Un único ocelo de color rojo también llamado ojo naupliar, se encuentra situado en la cabeza entre el primer par de antenas” (Gorgon 2008)

La cara ventral del animal está cubierta por un labio desarrollado interviniendo en la toma de alimento, llevando las partículas desde las setas filtradoras hacia la boca.

Teniendo en cuenta que el estado larvario I no se alimenta debido a que el aparato digestivo no es funcional, permaneciendo aún cerrados la boca y el ano. (Gorgon 2008)

Llegando a las 24 horas, el animal cambia al segundo estado larvario, llamado estado II. En el cual pequeñas partículas alimenticias con un tamaño entre 1 y 40 micras son filtradas por el segundo par de antenas, siendo ingeridas por un aparato digestivo funcional. (Pesca s.f.)

La larva continúa creciendo aflorando diferenciaciones durante las 15 mudas. De esta manera aparecen unos apéndices lobulares pares en la región torácica más adelante diferenciándose en toracópodos, se forman ojos complejos laterales a ambos lados del ojo naupliar. A partir del estado X en adelante, se generan cambios significativos tanto morfológicos como funcionales, por ejemplo: pérdida de la función locomotriz de las antenas transformándose en elementos de diferenciación sexual, los futuros machos desarrollan unos apéndices curvados y prensiles mientras que las antenas de las hembras degeneran en apéndices sensoriales. (Pesca s.f.)

Los toracópodos formados en su totalidad presentan tres partes funcionales: los telopoditos y endopoditos con funciones tanto locomotrices y filtradoras y los exopoditos que actúan como branquias. (Gorgon 2008)

La fase adulta posee las siguientes características:

- ✓ Cuerpo alargado con dos ojos complejos pedunculados,
- ✓ Aparato digestivo lineal,
- ✓ Anténulas sensoriales y
- ✓ 11 pares de toracópodos funcionales.

En el macho se observan un par de piezas prensiles musculadas muy características (segundo par de antenas) en la región cefálica mientras que en la parte posterior del tórax se puede observar un par de penes. La hembra de *Artemia* no tiene apéndices distintivos en la región cefálica, pero puede ser fácilmente reconocida por el saco de puesta o útero que está situado inmediatamente detrás del undécimo par de toracópodos. (Gorgon 2008)

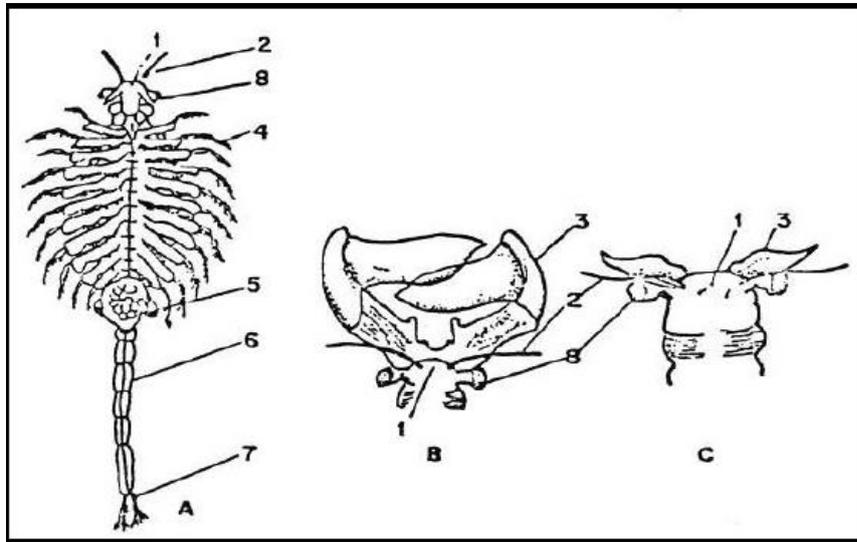
Las hembras tienen a la base de la cola, el útero, que se ve muy engrosado. (González 2009)

La Artemia posee un cuerpo delgado y alargado, cubierto por un caparazón blando. Su longitud y aspecto varían de acuerdo a la población/especie (bisexuales o partenogénicas y diploides o poliploides) y según la salinidad y características fisicoquímicas del medio en que habitan.

Se pueden distinguir tres partes bien diferenciadas externamente: cabeza, tórax y abdomen. En la cabeza se encuentran los restos del ojo naupliar, los ojos compuestos, proporcionados de largos pedúnculos de longitud y las antenas, en el tórax presenta once secciones bien definidas, cada uno compuesto de un par de apéndices foliáceos, con función natatoria, respiratoria y filtradora de alimentos, batiendo con un ritmo metacrónico de unos 150 a 200 golpes por minutos y el abdomen formado por ocho segmentos ápodos. Los dos contiguos al tórax son los segmentos genitales, visiblemente más abultados que los torácicos y abdominales. Estos dos primeros están hipertrofiados en su cara ventral, dando cabida a los aparatos sexuales: bolsa ovígera o útero en las hembras y vesícula seminal y pene en los machos. El último pertenece al telson, que exhibe dos formaciones alargadas en disposición lateral constituyendo la furca caudal, con el borde erizado de largas sedas. En la escotadura entre ambos lóbulos se abre el orificio anal. (Gorgon 2008)

“El aparato circulatorio está formado por un largo corazón tubular con un ostiolo en su extremo posterior y por varios senos en diversas zonas del cuerpo. A través del sistema circula hemolinfa, que contiene algunas células específicas, así como hemoglobina. La superficie respiratoria se halla directamente relacionada con la actividad locomotriz, ya que se localiza en los exopoditos de los toracópodos. En estos apéndices, la cutícula es más fina que en el resto del cuerpo y presentan en su interior un gran desarrollo de las cavidades que llena la hemolinfa, facilitando el contacto entre el medio exterior y la hemoglobina.” (Álvarez 2003)

FIGURA N° 4
ARTEMIA SALINA Y SUS PARTES



FUENTE: FAO

ELABORADO POR: Departamento de Pesca 1989

Sus partes

- ✓ Ojo nauplio. (1)
- ✓ Antenuelas. (2)
- ✓ Antena. (3)
- ✓ Apéndice torácico. (4)
- ✓ Saco ovigero. (5)
- ✓ Segmento abdominal. (6)
- ✓ Furca. (7)
- ✓ Ojo pedunculado. (8)

3.3.11 Métodos para la eclosión de quistes de Artemia

- **Eclosión de Quistes de Artemia.**

El proceso de eclosión de los Quistes de Artemia no implica mayor grado de complejidad si se realiza a pequeña escala. Los factores que se deben tomar en consideración para este procedimiento es la cantidad de aire suministrado durante la eclosión, y la salinidad más conveniente para las misma, cabe recalcar que esta especie suele vivir en ambientes extremos en cuanto a salinidad se refiere, pero al momento de eclosionar sus quistes se tiene que tener muy en cuenta este factor.

Temperatura

De la temperatura depende la producción de artemias, considerando que a temperatura menor a 25 °C se vuelve lenta la eclosión y por encima de los 30°C se inhibe este proceso. (Pesca s.f.)

Salinidad y pH

Por razones de conveniencia práctica, se usa mayormente el agua de mar para la eclosión de los quistes. Sin embargo, a una salinidad de 5‰ aumenta la tasa de eclosión (ya que se tiene que producir menos glicerol) y se han registrados eficiencias de eclosión más elevadas para algunas cepas de quistes, teniendo los nauplios un mayor contenido energético. A pesar de todo, aconsejamos utilizar agua de mar natural diluida con agua dulce hasta 5‰, complementándola con 2 g por litro de NaHCO₃ industrial o bien preparar una solución de eclosión a base de sales industriales y agua dulce. Es esencial incrementar las cantidades de tampón cuando se eclosionan grandes densidades de quistes (= gran producción de CO₂), con el fin de mantener los niveles de pH por debajo de 8.0. La salinidad de los medios de eclosión puede ser fácilmente controlada con la ayuda de un densímetro o de un refractómetro. (Pesca s.f.)

Oxígeno

A fin de lograr una eclosión máxima (tanto en tasa como en eficiencia), se recomienda mantener unos niveles de oxígeno por encima de 2 mg/l. Las tasas óptimas

de aireación han sido controladas localmente en función del tamaño del tanque y de la densidad de quistes incubados; por ej. Para lograr una eclosión máxima de 100 g de quistes en un recipiente de 20 l se debe mantener una tasa de aireación de 7 l de aire/tanque. (Pesca s.f.)

La tasa de aireación se puede determinar fácilmente midiendo el volumen de agua desplazado por las burbujas de aire en una probeta invertida durante un período de tiempo prefijado, cuando no es vital alcanzar los niveles aceptables de O₂, no se recomienda el uso de piedras de aireación, ya que puede inducir la formación de espuma que podría atrapar los nauplios. La formación de espuma no será un problema si los quistes han sido lavados, después de tenerlos una hora en remojo, o si han sido previamente desinfectados. (Pesca s.f.)

Densidad de quistes

En vista de los problemas técnicos encontrados en el mantenimiento de altos niveles de oxígeno sin formación de espuma o sin daños mecánicos a los nauplios eclosionados, se recomienda no sobrepasar densidades de 5 gramos de quistes por litro, especialmente cuando se trabaja con grandes cantidades, la presencia de una espuma persistente se puede reducir añadiendo unas gotas de algún agente antiespumante no tóxico (ej. silicona antiespumante del tipo usado en las cervecerías). (Pesca s.f.)

Iluminación

La iluminación de los quistes, al menos durante las primeras horas tras su hidratación, es esencial para lograr una eclosión máxima. Teniendo en cuenta las diferencias que se observan entre las cepas de Artemias, es aconsejable para obtener unos resultados óptimos, mantener una iluminación de aproximadamente unos 2000 lux en la superficie del agua. Este nivel de iluminación se logra, principalmente, durante el día en tanques transparentes puestos a la sombra en el exterior. Sin embargo y con el fin de independizarse de las fluctuaciones estacionales, es mejor situar los tanques de eclosión en el interior (siendo aún mejor con control de temperatura, ver anteriormente) y proporcionándoles iluminación artificial, por ej. Con tubos fluorescentes instalados cerca de la superficie del agua. (Pesca s.f.)

- **Desinfección de los quistes**

La superficie externa de la cáscara de los quistes puede estar cubierta con esporas de bacterias y hongos o estar contaminada con impurezas orgánicas. Es evidente que a una densidad elevada de quistes en el medio de eclosión a una temperatura alta, el desarrollo bacteriano puede ser considerable, lo que ocasiona que el medio de eclosión se ponga turbio dando como resultado, eventualmente, una mala eclosión. Por otro lado existen bacterias, que pueden ser perjudiciales para las larvas del predador y que pueden ser introducidas en el medio de cultivo de esas larvas junto con los nauplios de Artemia recién eclosionados (ej. cuando estos no han sido adecuadamente lavados). (Pesca s.f.)

Con esta finalidad es muy recomendable aplicar unos métodos rutinarios de desinfección:

- ✓ Introducir los quistes durante 1 o 2 horas en una solución de 20 ppm de hipoclorito en agua dulce, ej. 285 mg de polvo blanqueador industrial ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$) en 10 l de agua dulce para 0.5 kg de quistes; o 4 ml de lejía (con un 5% de producto activo para uso doméstico) en 10 l de agua dulce para 0.5 kg de quistes; mantener una aireación o agitación fuerte para exponer todos los quistes a la solución desinfectante; el tiempo de desinfección se puede reducir a unos 20 minutos usando mayores concentraciones de desinfectante (ej. 200 ppm). Tras este tratamiento, los quistes serán lavados con agua dulce sobre un tamiz y posteriormente puestos a eclosionar.
- ✓ Completar la eliminación del corion de los quistes por descapsulación con hipoclorito (Pesca s.f.)

- **Técnicas de cosechado**

La recogida de los nauplios de Artemia, más o menos libres de cáscaras vacías y de quistes sin eclosionar, se hace tras detener la aireación durante 5 a 10 minutos: las cáscaras vacías flotan en la superficie mientras que los nauplios se concentran en la parte inferior del embudo. (Pesca s.f.)

El sifonamiento se iniciará desde la parte más inferior del embudo, con el fin de eliminar primero los desechos y quistes llenos no eclosionados que se habrán acumulado justo por debajo de los nauplios. Dado que la mayoría de los nauplios tienen fototactismo positivo, pueden ser concentrados más rápidamente oscureciendo la parte superior del recipiente de eclosión por ej. Con un plástico negro que permite que la luz llegue únicamente a la parte más baja del embudo. Una segunda cosecha de nauplios se puede hacer dejando transcurrir 5 a 10 minutos, tras la primera recogida. (Pesca s.f.)

La flotación de las cáscaras de los quistes se puede favorecer aumentando la salinidad, poco antes de la cosecha, con la adición de salmuera saturada o sal bruta. El brusco cambio de salinidad no es perjudicial para los nauplios de Artemia, mientras permanezcan en el primer estado de nauplio (estado I). (Pesca s.f.)

Las cajas de separación circular para nauplios de Artemia descritas por Persoone y, Sorgeloos (1972, 1975) son muy útiles en el laboratorio pero demasiado complejas para su aplicación a escala comercial en centros de acuicultura (“hatcheries”). (Pesca s.f.)

Con aquellas cepas que tienen una pobre sincronía de eclosión (ej. con valores de T_s de más de 10 horas, ver Tabla II) se puede hacer una primera recogida algunas horas antes de que se alcance la máxima eficiencia de eclosión, con el fin de asegurar un uso óptimo de los nauplios producidos (en su estado I). (Pesca s.f.)

Algunas cepas de Artemia (ej. Chaplin Lake-Canadá, Great Salt Lake, Utah-U.S.A., etc.) Pueden ser difícilmente separadas siguiendo las técnicas descritas anteriormente. Con estas cepas y dado que cualquier contaminación con cáscaras vacías debe ser evitada, se deben utilizar quistes decapsulados (Pesca s.f.)

- **Distribución de los nauplios a las larvas en cultivo**

Con el fin de prevenir la contaminación de los tanques de cultivo con glicerol, metabolitos de eclosión y bacterias los nauplios de Artemia cosechados se lavarán sobre un tamiz de 125 micras antes de transferirlos a los tanques de cultivo larvario. (Pesca s.f.)

Dado que el estado I de los nauplios se desarrolla enteramente a base de sus reservas energéticas, se los debería cosechar y alimentar con ellos a las larvas de peces y

crustáceos en su forma más energética, es decir tan pronto como sea posible después de la eclosión. La práctica generalizada de mantener los nauplios en agua salada aireada a la temperatura ambiente (principalmente al exterior) produce una pérdida continua del contenido energético al no poderse todavía alimentar. (Pesca s.f.)

La conservación de nauplios a la temperatura ambiente (25 °C o más) y a densidades altas resulta además en mortalidades considerables en el plazo de algunas horas, especialmente cuando no existe una aireación suficiente. Cuando se cosecha un exceso de nauplios, se los puede alimentar o enriquecer y utilizarlos posteriormente para alimentar estados larvarios más avanzados o bien se los puede conservar a baja temperatura para alimentaciones ulteriores. (Pesca s.f.)

Los nauplios recién eclosionados se mantendrán, hasta 48 horas, en el frigorífico (0–4°C) en recipientes moderadamente aireados y a densidades de hasta 15.000 nauplios por ml hasta 48 horas; excepto las cepas de Chaplin Lake (Canadá) y Buenos Aires (Argentina) en los que la viabilidad naupliar permanece por encima del 90% (incluso 24 horas después de la transferencia de los nauplios enfriados al tanque de cultivo a 25°C), las pérdidas energéticas son muy leves y el descenso en el valor nutritivo para las larvas de *Mysidiopsis* y de carpa es insignificante y en ambos casos mínimo (Pesca s.f.)

4. VISUALIZACIÓN DEL ALCANCE DE ESTUDIO

Mediante esta investigación se puede apreciar los aportes que brinda la Ecotoxicología como rama de la química ambiental, incluso es considerable realizar como primer punto en una evaluación medio ambiental un ensayo ecotoxicológico a un ecosistema específico ya que este refleja directamente a pequeña escala los efectos de los posibles contaminantes sobre los seres vivos, tomándolo así como punto de partida para investigación exhaustivas posteriores que por lo general abarcan más costos, tiempo y dificultades de diferente índole.

Los resultados aquí obtenidos muestran los efectos del vertido de las aguas de Río Burro hacia el mar, los cuales tienen una reacción en cadena en la vida marina tanto como a las especies similares a la de esta investigación como a las especies superiores ya que estas son partes de la cadena trófica marina, por lo que esta evaluación es de gran aporte para las futuras investigaciones en el área, ya que aún existen muchas incógnitas respecto a la procedencia y varias alternativas respecto a la remediación.

5. ELABORACIÓN DE HIPÓTESIS Y DEFINICIÓN DE VARIABLES

La concentración de xenobióticos y su relación con el porcentaje de mortalidad del modelo biológico (*Artemia Salina*) en el agua de mar de la Desembocadura del Río Burro en la Ciudad de Manta.

5.1 Variable Independiente

Concentración de xenobióticos en agua de mar en la desembocadura del Río Burro-Manta

5.1.1 Operacionalización

CONCEPTUALIZACION	CATEGORIA	INDICADOR	ITEMS	TÉCNICA
<p style="text-align: center;">Los Xenobióticos afectan a las especies marinas causando malformaciones, inhibición del crecimiento, problemas movilidad y sensibilidad y en elevadas concentraciones la muerte.</p>	<p style="text-align: center;">Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • pH • Temperatura • Oxígeno Disuelto • Salinidad • Alcalinidad • Solidos disueltos Totales • Amonio • Hierro • Calcio • Sulfatos • Magnesio • Conductividad • Coliformes Fecales 	<p style="text-align: center;">Comparar los valores obtenidos en la investigación con los valores permisibles ante la ley</p>	<p>Análisis de Laboratorio</p>
	<p style="text-align: center;">Posibles fuentes contaminantes</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Desechos de vísceras de pescado • Agua Residual de centrales termoeléctricas • Aguas Residuales Domésticas e industriales 	<p style="text-align: center;">Descarga de desechos industriales al efluente del rio Burro</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión Bibliográfica • Encuestas • Datos Históricos • Visitas Técnicas
<p>ELABORADO POR: Palacios, J y Santos, C. 2015</p>				

5.2 Variable Dependiente

Porcentaje de mortalidad de Artemia Salina

5.2.1 Operacionalización

CONCEPTUALIZACION	CATEGORIA	INDICADOR	ITEMS	TÉCNICA
CL50 (Concentración letal media) Mortalidad del Modelo Biológico (Artemia Salina)	CL50	Análisis Ecotoxicológico dosis-respuesta sobre Artemia Salina	Evaluar la CL50 de agua de mar en la desembocadura del río burro sobre Artemia Salina	PRUEBAS DE TOXICIDAD (Hodgson y Levi, 1997) OECD TG 423
	Efecto Subletal	Análisis Ecotoxicológico dosis-respuesta sobre Artemia Salina	Evaluar los efectos subletales del agua de mar sobre Artemia Salina	PRUEBAS DE TOXICIDAD (Hodgson y Levi, 1997) OECD TG 423
ELABORADO POR: Palacios, J y Santos, C				

6 DESARROLLO DEL DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

6.1 Objetivo General

Evaluar el agua de mar en la desembocadura del Río Burro en la ciudad de Manta mediante ensayos físicos-químicos y ecotoxicológicos para estimar su posible impacto al ecosistema

6.2 Objetivos Específicos

- ✓ Caracterizar el agua de mar en la desembocadura del río Burro- Manta y sus posibles contaminantes
- ✓ Evaluar los índices de toxicidad del agua del Río Burro-Manta mediante ensayos biológicos sobre *Artemia Salina*
- ✓ Establecer la Concentración Letal Media (CL_{50}) del agua contaminada y sus efectos subletales
- ✓ Proponer alternativa de saneamiento al agua contaminada del Río Burro de la ciudad de Manta.

6.3 Campo de Acción

Este trabajo investigativo va orientado a lineamientos, parámetros y normativas relacionados con la ecotoxicología rama de la Química Ambiental que es de gran importancia e interés para los Ingenieros Químicos, como herramienta para futuras evaluaciones sobre los efectos de un contaminante sobre la flora, fauna y los seres humanos.

7 DEFINICIÓN Y SELECCIÓN DE LA MUESTRA

7.1 Definición

El fundamento del muestreo se basa en la colección de muestras representativas, en la que una porción pueda representar el comportamiento, propiedades, concentraciones de lo que se desea conocer, y de esto depende el éxito de la investigación.

- ✓ Definir los objetivos necesarios para los que se requiere la muestra.
- ✓ Uso correcto del muestro, manipulación y conservación.

7.2 Selección de la Muestra

El muestreo se realizó de manera manual y puntual en la desembocadura del Rio Burro, tomando en cuenta niveles bajos de marea, ya que de esta manera tendremos mayor flujo descendente del caudal del rio en cuestión hacia el mar, donde hipotéticamente viene la mayor cantidad de xenobióticos.

Las muestras se tomaron en el centro de la desembocadura del rio, donde se forman las olas en el perfil marítimo, se tomó una muestra en este punto denominada muestra cero, seguido se procedió a tomar muestras a cada 25 metros de distancia desde la muestra cero hacia la derecha, izquierda y hacia la superficie marina hasta un máximo de 100 metros, considerando que las concentraciones son inversamente proporcionales a la distancia por efectos de dilución.

8 RECOLECCIÓN DE DATOS

METODOLOGÍA

Para la realización de esta investigación, nos basamos en los métodos estandarizados del laboratorio de Toxicología de la Carrera de Ingeniería Química de la Universidad Técnica de Manabí obtenidos en investigaciones anteriores principalmente en “Determinación de Dicromato de potasio como patrón en ensayos Ecotoxicológicos sobre Artemia salina” (Macías Lisbeth 2015)

8.1 Métodos

Entre los principales métodos para la ejecución de esta investigación tenemos los siguientes:

- 8.1.1 Bioensayos Ecotoxicológicos:** Se emplearon para evaluar la posible toxicidad de las diferentes muestras, mediante la exposición de un modelo biológico experimental (Artemia Salina) y así poder establecer las diversas concentraciones y su efecto sobre este biomodelo.
- 8.1.2 Métodos Estadísticos:** Empleados para extrapolar los resultados obtenidos durante la investigación, representados por diferentes métodos como el de Probit, método de estimación Grafica, usando diferente software como STATGRAPHICS y Microsoft Excel también se realizó un análisis de varianza ANOVA mediante STATGRAPHICS.

8.2 Ensayos

8.2.1 Procedimiento de revisión de los Quistes de Artemia.

Los Quistes de Artemia, se encontraban en el Laboratorio de Toxicología de la Carrera de Ingeniería Química, debidamente guardado en frascos ámbar y aislados tanto de la luz como de la humedad.

GRÁFICO N° 5
ENVASE PARA LOS QUISTES DE ARTEMIA



FUENTE: Palacios J y Santos M, 2015

ELABORADO POR: Palacios J y Santos M, 2015

Se procedió a revisarlas con el microscopio y cerciorarse de que aquellas estén en condiciones de uso, tomando en cuenta que en el transcurso de guardado los quistes de Artemia no hayan adquirido humedad y producto de esto eclosionen, por lo que al observarlas en el microscopio se pudo observar los quistes intactos y sin roturas.

GRÁFICO N° 6
QUISTES DE ARTEMIA VISTOS EN EL MICROSCOPIO



FUENTE: Palacios J y Santos M, 2015

ELABORADO POR: Palacios J y Santos M, 2015

Se realizaron análisis a las muestras de pH, conductividad, temperatura, oxígeno disuelto (DO), DBO, ORP, amoníaco, nitritos, nitratos, sulfatos fluoruro, cloruro, sulfuros y temperatura.

Las muestras son colectadas en recipientes de 1000 ml de vidrio debidamente tapados para su conservación, ya que es muy probable que estas muestras contengan compuestos inestables y corrosivos y puedan reaccionar con el material del envase causando su deterioro y de la misma manera alterarse con el material que los contiene.

8.2.3 Preparación del medio de eclosión de quistes

Las artemias se desarrollan en medios salinos, para lo cual se reconstituyo el medio salino debido a que no se conoce si el agua de mar contenga agentes ajenos a su composición y pueda alterar el desarrollo de las artemias.

Para la preparación del medio se realizó una preparación NaCl (sal común) y agua destilada en una concentración de 25.43 gr/L y con sal sin procesar (sal en grano) en un volumen de 1000 ml. (Almeida, Garay, Quimis & Rizzo, 2013)

GRÁFICO N°7

PREPARACIÓN DEL MEDIO DE ECLOSIÓN DE LOS QUISTES DE ARTEMIA



FUENTE: Palacios J y Santos M, 2015

ELABORADO POR: Palacios J y Santos M, 2015

8.2.4 Eclosión de los quistes

El laboratorio de toxicología cuenta con un eclosionador de artemias el cual nos permite suministrarle oxígeno mediante una manguera procedente de una bomba de aire, y luz a través de un orificio que presenta en parte superior.

Cabe recalcar que es necesario eclosionar los quistes 24 horas antes de los ensayos para que las artemias se encuentren en estado larvario (nauplios), para lo cual se realizó lo siguiente:

- ✓ Montaje y esterilización del equipo eclosionador.
- ✓ Llenado del eclosionador con la solución salina preparada anteriormente hasta un volumen de 1000 ml.
- ✓ Pesado 0.50 gr de Artemia según las disposiciones del envase del cual proceden las artemias y luego verterlas en el eclosionador.
- ✓ Tapado el eclosionador y permitir que ingrese luz fluorescente por el orificio superior del eclosionador por un lapso de 24 horas a una temperatura de entre 26 a 28 °C y aireación continua.

8.2.5 Ensayos de toxicidad

Las pruebas de toxicidad basadas en los protocolos del Laboratorio de Ecotoxicología, en la cual se usó la solución estándar $K_2Cr_2O_7$ (Dicromato de Potasio) como control positivo, y lo que nos indica que a esa es la concentración necesaria o concentración letal para acabar con la población de artemias (10 Artemias), y agua salina reconstituida como control negativo.

En ensayo se basa en la exposición de 10 Artemias en 10 ml de muestra a diferentes concentraciones durante 24 horas bajo las condiciones descritas en (Almeida J, Et al) para establecer las concentraciones entre el 0% y 100% de mortalidad causada por un posible agente tóxico y así poder encontrar la concentración necesaria para causar la muerte de la mitad de la población de la muestra o CL_{50} .

Seguidamente se redacta los pasos seguidos:

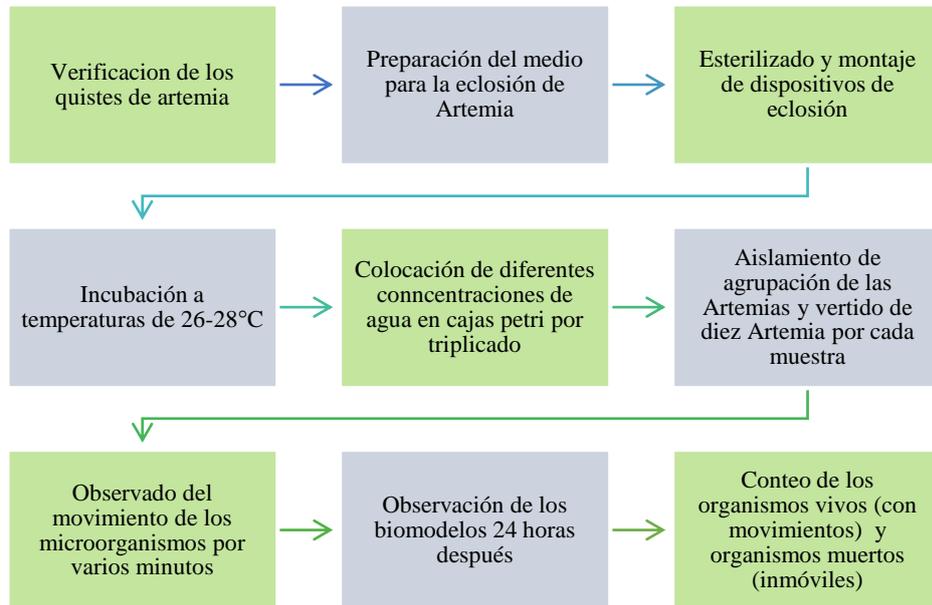
- ✓ Se procede a realizar las diluciones de la muestra patrón desde el 100% a 75%, 50%, 25%.
- ✓ Se realizaron pruebas por triplicado, por lo que se colocaron 10 ml en cada caja Petri, tomando en cuenta que se usaron unas muestras de control negativo o muestra en concentración cero.
- ✓ Una vez eclosionados los quistes de Artemia salina en 24 horas se encuentran en estado larvario o usualmente conocido como nauplios se procede a extraerlos con micropipetas marca eppendorf graduada a 0.1 ml, para lo cual es necesario agrupar las artemias exponiéndolas a una fuente puntual de luz que en este caso nos brinda

el contador de colonias del laboratorio de microbiología de la escuela ingeniería química, ya que las artemias son fotosensibles y de esta manera sea más sencillo trasladarlas en grupo de 10 artemias por caja Petri.

- ✓ Se llena cada Petri por triplicado con 9 ml de la muestra en las diferentes dosis respectivamente y se continúa con el traslado de las artemias.
- ✓ Para el traslado de las artemias se considera que cada pipeta nos permite llenar un volumen de 0.1ml, que al momento de la succión puede ingresar desde uno a varios nauplios, lo que significa que en se necesitan 10 pipeteadas máximo para completar las 10 artemias por cada caja, para lo cual se llena la caja con 9 ml de solución y si en 5 pipeteadas hemos conseguido las 10 artemias lo completamos con 5 pipeteadas más de la muestra para completar los 10 ml.
- ✓ Se observa las artemias por varios minutos para determinar si llegase a existir muerte instantánea y observo después de 24 horas manteniéndolas a una temperatura entre 26 a 28°C debidamente cubiertas sin aireación ni alimentación.
- ✓ Se realiza el conteo de nauplios considerando vivos a los que se encuentran en movimiento y muertos a los inmóviles a los 10 segundos de observación o que no reaccionan al exponerse a la luz y con efectos subletales a los que presentan movimientos leves o problemas de locomoción.
- ✓ Como referencia se observa en el microscopio el comportamiento de las muestras de control tanto positivo que son las expuestas al toxico como negativo sin exposición a ningún toxico.

8.3 Diseño Experimental-Metodología

DIAGRAMA N° 1 PROCESO DE ENSAYO ECOTOXICOLOGICO



FUENTE: Palacios J y Santos M, 2015

ELABORADO POR: Palacios J y Santos M, 2015

8.4 Método de Probit

Para el cálculo de la CL50 por este método es necesario contar, por lo menos, con dos porcentajes intermedios del efecto esperado (valores entre 0 y 100%). (Martínez 2009)

Con los resultados obtenidos en los ensayos de toxicidad aguda con Artemia

Salina se debe construir una tabla que contenga los siguientes datos:

- ✓ Concentración de la sustancia ensayada en %
- ✓ Número de organismos muertos en cada concentración (r).
- ✓ Número de organismos en cada concentración
- ✓ Porcentaje de mortalidad en cada concentración (P). (Martínez 2009)

A partir de la concentración de la sustancia ensayada se obtiene el logaritmo en base 10 de las concentraciones (x), luego con el porcentaje de mortalidad se lo lleva a la forma decimal del valor numérico, con la cual obtenemos la distribución normal estándar

individual o probabilidad de cada resultado, a la cual debido a la fórmula establecida se suman 5 unidades para obtener el número Probit.

Para el gráfico en el eje de las abscisas va el valor de logaritmo de la concentración en base diez, y en el eje de las ordenadas contiene el valor del número Probit, del cual se obtiene un gráfico lineal, aplicando la regresión lineal se obtiene la ecuación de la recta en la cual conocemos los valores de intersección y la pendiente los mismos que nos sirven para el reemplazo en la ecuación:

$$y = ax + b$$

Teniendo los valores de a y b , y dado que Probit 50 es $y=5$, una vez la ecuación al despejar x queda de la siguiente manera

$$\log x = \frac{5 - b}{a}$$

Quedando finalmente en función de potencia 10 el resultado obtenido en el paso anterior.

8.4.2 Método de estimación gráfica

Para el método de estimación gráfica también se consideran los valores o resultados obtenidos durante la práctica. Para ello se realiza una tabla con los siguientes parámetros: diferentes concentraciones de Dicromato de Potasio utilizadas en el bioensayo (5, 10, 15 y 20 ppm) sin excluir el grupo control, también el número de Artemias expuestas a cada concentración, luego el número de Artemias vivas obtenidas al final del ensayo en cada concentración y por ende el valor de Artemias muertas; ya con esos datos se procede a calcular el porcentaje de mortalidad en cada concentración. (Macías Lisbeth 2015)

Para realizar el gráfico que nos va a indicar cuál será la CL_{50} que se está buscando, se utilizan los valores de las diferentes concentraciones con sus respectivos porcentajes de mortalidad. (Macías Lisbeth 2015)

En el gráfico el valor de CL_{50} va a corresponder al que corte la curva graficada, justamente cuando el eje de las y o sea el porcentaje de mortalidad indique el 50%.

Éste método no es tan preciso, debido a que el resultado obtenido depende del valor que estime el investigador, ya que solo se lo puede apreciar en la gráfica, más no procede de algún modelo matemático. Sin embargo se lo utiliza para verificar que los resultados obtenidos no se alejan de la realidad.

8.4.3 Análisis de la varianza Anova con Statgraphics

Este programa es apropiado para todas aquellas personas que necesitan analizar estadísticamente datos provenientes de mediciones y/o experimentos industriales, como sería Ingenieros de Proceso o de Calidad, personal de Investigación y Desarrollo, de Validación de Métodos Analíticos, etc. STATGRAPHICS realiza todas las rutinas estadísticas que normalmente requieren las industrias, desde estadística básica (con un excelente módulo de estadística descriptiva y de análisis exploratorio de datos) hasta análisis complejos como diseño de experimentos y métodos multivariados, pasando por módulos de control de calidad, regresión avanzada y series de tiempo. (Toscano 2013)

La principal característica de este software es que nació siendo diseñado para usarse en una PC, en contraste con otros sistemas que fueron desarrollados originalmente para "mainframe" y luego compactados para correr en una PC. Además, su ambiente gráfico e interactivo hace de STATGRAPHICS el paquete más rápido, fácil y poderoso del mercado. El sistema base ofrece cuatro grupos de análisis: Estadística Gráfica, Estadística Descriptiva, Estadística Inferencial y Estadística Relacional. (Toscano 2013)

9 ANÁLISIS DE LOS DATOS

9.1 Análisis Físicoquímicos de la Muestra

TABLA N° 2
DATOS OBTENIDOS DE LA MUESTRA VS LÍMITES
PERMISIBLES

PARÁMETROS	NORMA TECNICA AMBIENTAL OBLIGATORIA DE DESCARGA DE EFLUENTES A UN CUERPO DE AGUA SALADA RECEPTOR SEGÚN LIBRO VI ANEXO 1: AGUA DULCE (RIO BURRO)	Muestra Rio Burro
FÍSICOS		
COLOR (Unidades de color)	INAPRECIABLE DIL. 1/20	Apreciable
CONDUCTIBILIDAD (µs/cm)	NO FIJA LIMITES	3679 µs/cm
MATERIA FLOTANTE, MF	AUSENCIA	Ausencia
MINERALIZACIÓN (mg/L)	NO FIJA LIMITES	2790,68 mg/l
OXIGENO DISUELTO, LDO	NO MENOR A 6 mg/l	3,6 mg/l
pH	6 a 8,5	7,9
SALINIDAD (%)	NO FIJA LIMITES	0,8
SÓLIDOS TOTALES, ST (mg/L)	1600 mg/l	2282 mg/l
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS, STD	NO FIJA LIMITES	1842 mg/l
SÓLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS, STS	130 mg/l	440 mg/l
SÓLIDOS SEDIMENTABLES, SS	1.00 mg/l	1,4 mg/l
TEMPERATURA, T (°C)	< 35 °C	27,4 °C
QUÍMICOS		
AMONIACO, NH ₃ (mg/L)	30.0 mg/l	89 mg/l
CLORUROS, Cl (mg/L)	1000 mg/l	550 mg/l
COBRE, Cu (mg/L)	1.00 mg/l	1,4 mg/l
CROMO HEXAVALENTE, Cr	0.50 mg/l	3,5 mg/l
FLUORURO, F ⁻ (mg/L)	5.00 mg/l	2 mg/l
HIERRO, Fe (mg/L)	10.0 mg/l	4,9 mg/l
NITRATOS, NO ₃ (mg/L)	40 mg/l	23 mg/l
NITRITOS, NO ₂ (mg/L)	40 mg/l	89 mg/l
FOSFATOS, PO ₄ (mg/L)	10.0 mg/l	104 mg/l
SULFATO, SO ₄ (mg/L)	1000 mg/l	422 mg/l
SULFURO DE HIDROGENO, SH ₂	0,5 mg/l	4,9 mg/l
ORGANICOS - BIOLÓGICOS		
DEMANDA BIOQ. DE OXÍGENO, DBO ₅	100 mg/l	1640 mg/l
DEMANDA QUÍM. DE OXÍGENO, DQO	250 mg/l	3500 mg/l
INDICE DE BIODEGRADABILIDAD	NO FIJA LIMITES	5,47

FUENTE: Palacios J y Santos M, 2015

ELABORADO POR: Palacios J y Santos M, 2015

En la tabla anterior se muestra los análisis realizados a la muestra, en las que se puede diferenciar los valores por encima del rango de los límites de descarga de un cuerpo de agua dulce a uno de agua salada según el Libro VI anexo 1 de la Norma de Calidad Ambiental y de descargas de efluentes de la República del Ecuador, mediante el cual se puede expresar lo siguiente:

Color: El agua en la desembocadura del río Burro presenta un color rojo (figura 1) que se logra diluir al entrar en contacto con el agua salada colorándola de igual manera en una distancia de hasta 30 metros hacia la profundidad del mar, 100 metros hacia la izquierda y 70 metros hacia la derecha aproximadamente.

Se realizó un análisis químico cualitativo a la muestra ya que en estudios anteriores indican que el río presentaba dicha coloración por la superpoblación de *Proteobacteria*, o bacterias sulforeductoras purpuras, las cuales usan H_2S en lugar de H_2O , para lo que se colocó una solución de acetato de plomo y se vertió en la muestra, formando un precipitado negro en fondo, lo que PbS (sulfato de plomo) lo que indica claramente la presencia de azufre.

GRÁFICO N° 8 DETERMINACIÓN DE COLOR MEDIANTE MÉTODO QUÍMICO



FUENTE: Palacios J y Santos M, 2015

ELABORADO POR: Palacios J y Santos M, 2015

La presencia elevada de nitritos puede ser un factor influyente en la coloración ya que los nitritos que están siendo reducidos biológicamente y al entrar en contacto con el zinc toman una coloración rojiza.

Oxígeno Disuelto: Relativamente bajo lo que revela que puede existir una sobrepoblación de bacterias o algas que lo estén consumiendo, lo que a su vez indica que el trascurso anterior a su desembocadura existió materia orgánica, descartando que sea por motivos de temperatura ya que la muestra fue tomada en horas de la mañana y conservada bajo refrigeración.

Sólidos Totales: Se encuentran relativamente altos debido a que la muestra no es netamente del río sino de la desembocadura y donde hay presencia de olas y por motivos de turbulencia existe presencia de sales disueltas en la muestra.

Amoniaco:

Cobre: Limitadamente elevado, debido a que en el río burro desembocan varias empresas las cuales puedan presentar problemas de corrosión en su sistema de tuberías de calderos y materiales de fontanerías.

Cromo Hexavalente: Considerablemente elevado los niveles de cromo, las procedencias son muy variadas ya que la ciudad de Manta tiene un sin número de industrias dedicadas al cromado de metales, talleres de pinturas, copadoras, talleres de soldaduras, industria textil entre otras, los cuales pueden contribuir potencialmente al incremento de cromo en estas aguas.

Nitritos: Debido a que la ciudad de Manta es puerto existen varias industrias dedicadas al procesamiento de pescado, por lo que es necesario sistemas para la conservación de pescado cuyas alternativas contienen sales de nitrógenos.

En un individuo sano los nitratos y nitritos son rápidamente absorbidas por el tracto gastrointestinal. La acción microbiana que se produce tanto en el ambiente como en el cuerpo humano (tubo digestivo) produce la transformación (reducción) de nitratos a nitritos. Los nitritos reaccionan con la hemoglobina (pigmento presente en los glóbulos rojos, captor de oxígeno) formando metahemoglobina (hemoglobina oxidada). Esta forma modificada de oxihemoglobina se encuentra en la sangre en cantidades muy pequeñas, siendo en individuos sanos menor al 2% del total de hemoglobina (Committee on Nitrate Accumulation, 1972). A niveles de 20%-50% de metahemoglobina en sangre, se produce cianosis con síntomas de hipoxia (bajo nivel de oxígeno), debilidad, disnea, cefaleas, taquicardia, etc. (Cricyt.edu.ar, 2015)

Fosfatos: Altamente elevados, posiblemente por la descarga de industrias dedicadas a la fabricación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos, se descarta de que pueda por el uso de los mismos debido a que el río burro se alimenta principalmente de varios efluentes del centro de la ciudad en donde existe actividad agrícola, y por lo consiguiente aumenta su contenido de fosfatos por el uso de detergentes y jabones.

Sulfuro de Hidrogeno: Puesto que al río llegan varios efluentes provenientes del alcantarillado es muy posible que contengan grandes cantidades de materia orgánica y producto de la degradación bacteria de la misma produce ácido sulfhídrico, considerando que muestra presentaba mal olor debido a esto.

Demanda Química y Bioquímica de Oxígeno: A los altos niveles a los que se encuentra la muestra nos indica que existe una bioacumulación en el río.

9.2 Índices de Toxicidad

Los datos dosis- respuesta obtenidos bajo la exposición de un modelo biológico demostraron que no existe ningún valor de tolerancia para las especies similares ya que no se observó en los en los bioensayos efectos subletales sino letales. Los análisis fisicoquímicos ayudaron a certificar esta apreciación basándose en los límites permisibles para la descarga de un efluente de agua dulce a un cuerpo de agua salada, considerando que estas aguas se descargan en un lugar turístico frecuentado por una cantidad significativa de bañistas, en las que los índices son de carácter carcinógeno por absorción cutánea o por ingesta

9.3 Análisis Estadísticos de los Datos obtenido en el los ensayos.

9.3.1 Datos procesados en Microsoft Excel

TABLA N° 3

DATOS EMPLEADOS EN LA HOJA DE EXCEL PARA EL CÁLCULO DEL PROBIT

Dosis Ppm	Muertos	Expuestos	Mortalidad %
10	1	30	3,3
20	16	30	53,3
40	11	30	36,7
60	16	30	53,3
80	24	30	80,0
100	18	30	60,0

FUENTE: Palacios J y Santos M, 2015

ELABORADO POR: Palacios J y Santos M, 2015

Los datos obtenidos en los ensayos de dosis y muerte del modelo biológico, considerando los organismos expuestos para obtener un dato de mortalidad en porcentaje.

TABLA N° 4

DETERMINACIÓN MEDIANTE CÁLCULO DE LA HOJA EXCEL PARA EL NÚMERO PROBIT

Distancia (m)	Dose %	log dose	% Responding	decimal	Normsinv	Probit
200,000	10	1,00	3,3	0,033333	1,83391464	3,17
100,000	20	1,30	53,3	0,533	0,08365173	5,08
75,000	40	1,60	36,7	0,367	0,34069483	4,66
50,000	60	1,78	53,3	0,533	0,08365173	5,08
25,000	80	1,90	80,0	0,800	0,84162123	5,84
-	100	2,00	60,0	0,990	2,32634787	7,33

FUENTE: Palacios J y Santos M, 2015

ELABORADO POR: Palacios J y Santos M, 2015

Se considera que la concentración es inversamente proporcional a la distancia por efectos de dilución. El análisis pretende llevar los datos de la dosis a valores logarítmicos y el porcentaje de respuesta a valores decimales para que el error sea infradecimal y así obtener el número Probit.

TABLA N° 5

Para el Grafico		
log dosis	Probit	regresión
1,00	3,17	3,34
1,30	5,08	4,27
1,60	4,66	5,21
1,78	5,08	5,76
1,90	5,84	6,14
2,00	7,33	6,44

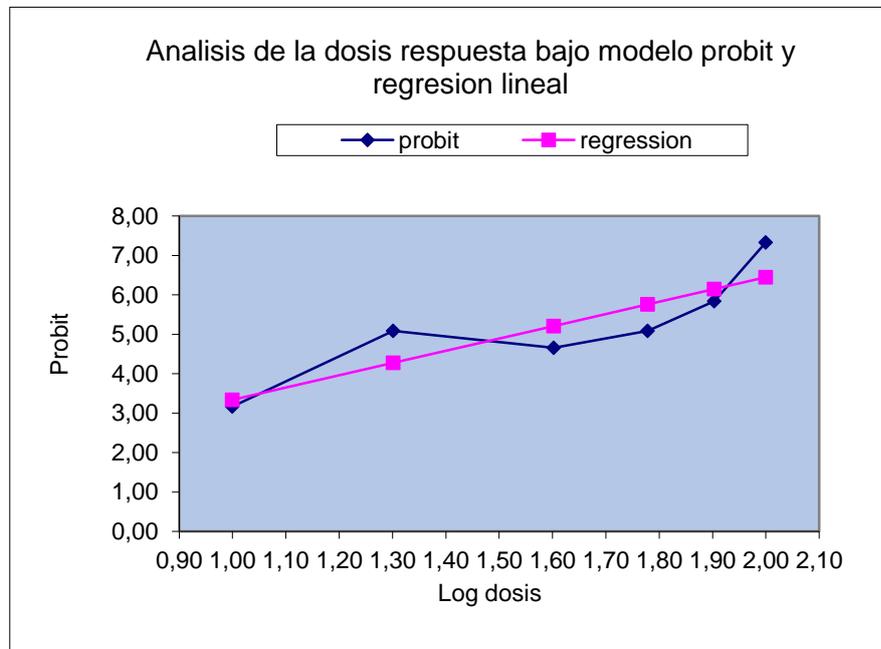
FUENTE: Palacios J y Santos M, 2015

ELABORADO POR: Palacios J y Santos M, 2015

Datos de regresión calculados por Excel con los valores del Log de la Dosis y el numero Probit para ser representados gráficamente.

GRÁFICO N° 9

ANÁLISIS DOSIS-RESPUESTA



FUENTE: Palacios J y Santos M, 2015

ELABORADO POR: Palacios J y Santos M, 2015

Como se aprecia en la gráfica 9 existe una correlación entre los valores del logaritmo de la dosis y el valor del número Probit, teniendo una función lineal, la cual evidencia homocedasticidad entre los datos comparados, así mismo se puede describir valores normales para el establecimiento de las curvas, manifestando una recta de mejor ajuste con el fin de disminuir los valores del error estimado.

9.3.2 Datos procesados en Statgraphics

Los valores y los análisis a continuación son expresados directamente por el software Statgraphics

Regresión Simple - regresión vs. log dosis

Variable dependiente: regresión

Variable independiente: log dosis

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

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

$$\text{Regresión} = 0,236181 + 3,10469 \cdot \log \text{ dosis}$$

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

TABLA N° 6
COEFICIENTES

	Mínimos Cuadrados	Estándar	Estadístico	
Parámetro	Estimado	Error	T	Valor-P
Intercepto	0,236181	0,00988912	23,8829	0,0000
Pendiente	3,10469	0,00605046	513,133	0,0000

FUENTE: Palacios J y Santos M, 2015

ELABORADO POR: Palacios J y Santos M, 2015

- ✓ Coeficiente de Correlación = 0,999992
- ✓ R-cuadrada = 99,9985 por ciento
- ✓ R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 99,9981 por ciento
- ✓ Error estándar del est. = 0,00517777
- ✓ Error absoluto medio = 0,00374298
- ✓ Estadístico Durbin-Watson = 2,97427 (P=0,8061)
- ✓ Autocorrelación de residuos en retraso 1 = -0,634672

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo ajustado explica 99,9985% de la variabilidad en regresión. El coeficiente de correlación es igual a 0,999992, indicando una relación relativamente fuerte entre las variables. El error estándar del estimado indica que la desviación estándar de los residuos es 0,00517777. Este valor puede usarse para construir límites de predicción para nuevas observaciones, seleccionando la opción de Pronósticos del menú de texto.

TABLA N° 7
ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	7,05903	1	7,05903	263305,27	0,0000
Residuo	0,000107237	4	0,0000268093		
Total (Corr.)	7,05913	5			

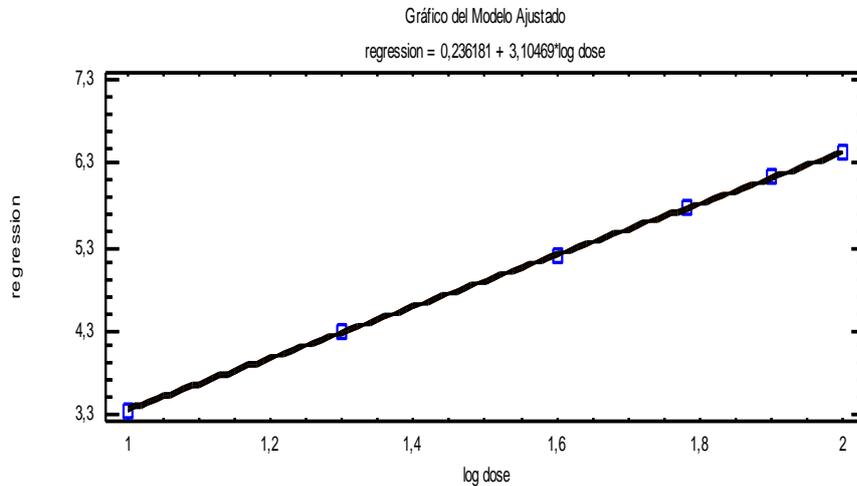
FUENTE: Palacios J y Santos M, 2015

ELABORADO POR: Palacios J y Santos M, 2015

El error absoluto medio (MAE) de 0,00374298 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%.

GRÁFICO N° 9

MODELO AJUSTADO REGRESIÓN 0.236381



FUENTE: Palacios J y Santos M, 2015

ELABORADO POR: Palacios J y Santos M, 2015

TABLA N° 8

DATOS SOBRE LAS CONDICIONES QUE SE ESTABLECEN PARA EL GRÁFICO ENCONTRÁNDOSE LA CL_{50} POR MÉTODO PROBIT

Pendiente	3.11	logLD50	1,54	log dosis
Intercepción	0.23	LC50	34,29	dosis %

FUENTE: Palacios J y Santos M, 2015

ELABORADO POR: Palacios J y Santos M, 2015

Tanto el valor de 3.11 correspondiente a la pendiente de la recta como la intersección 0.23 corresponden a los valores que nos da la ecuación de la gráfica con la línea de regresión.

Por lo tanto empleando el método Probit se obtuvo un valor de $CL_{50} = 34,29$

Para la diversas exposiciones de Dicromato de potasio, nitritos, nitratos y sulfatos en un periodo de 24 horas.

Obteniéndose en el mismo gráfico la ecuación de regresión lineal que nos permitirá conocer la concentración en relación al logaritmo base 10.

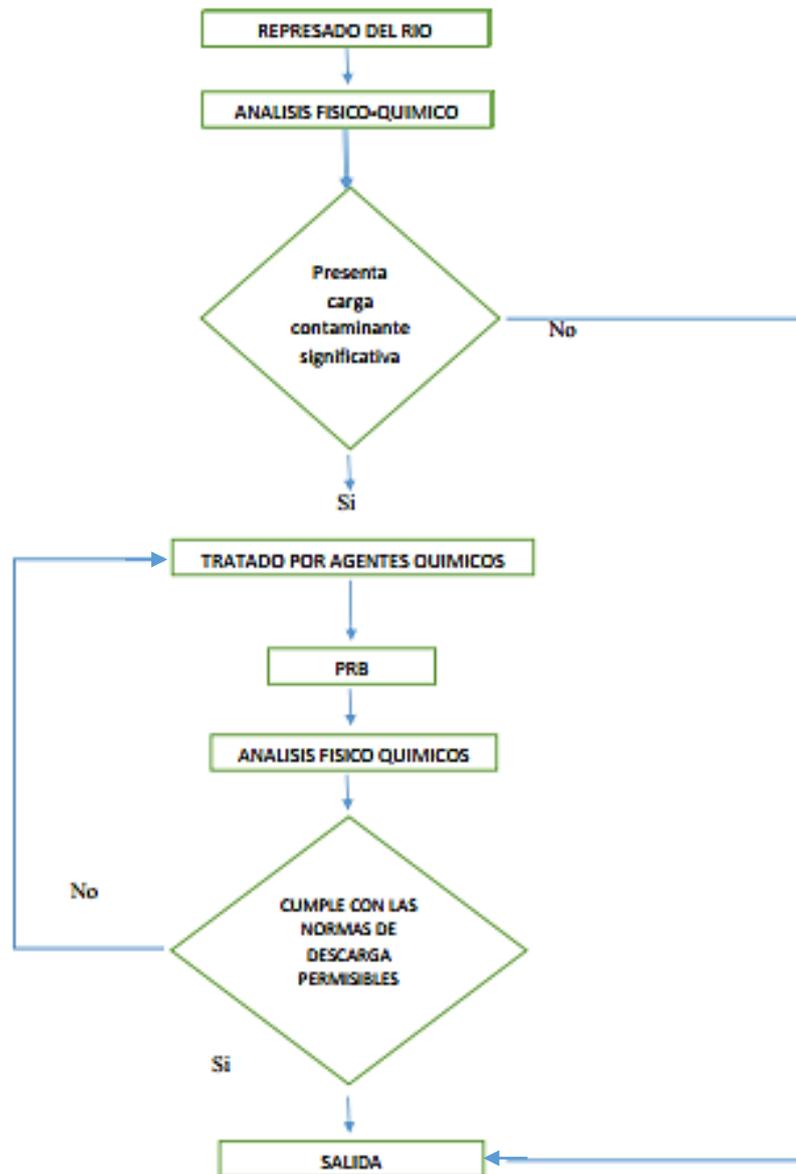
9.4 Propuesta alternativa de saneamiento al agua contaminada del Río Burro de la ciudad de Manta 2015

Considerando que el caudal del río Burro es relativamente bajo aproximadamente 1000 a 1500 m^3/h , se considera factible represar el agua para proporcionar un tratamiento previo a su desembocadura, tomando en consideración que el agua del río según los análisis realizados, demuestran que la contaminación del río se debe mayormente a la concentración de sustancias tóxicas, mas no a materia orgánica o por microorganismos.

Tomando en cuenta que la carga contaminante que el río recibe puede ser variable, es necesario realizar análisis físico químico previo al proceso para así poder estimar la cantidad de reactivos a usarse en proceso y de igual manera analizar el efluente para comprobar la efectividad del proceso en base a Norma Técnica Ambiental obligatoria de descarga de efluentes a un cuerpo de agua salada receptor según libro VI anexo 1 de la constitución de la República del Ecuador.

Es apropiado el uso de agentes químicos oxidantes o reductores para llevarlos a compuestos insolubles y de esa manera poder separarlos mediante un proceso físico. Debido a que las sustancias químicas están destinadas a reaccionar con una sustancia específica seguirán permaneciendo sustancias disueltas en el agua, para lo que es necesario filtrarla en barreras reactivas permeables (PRB), en la que las sustancias químicas quedan atrapadas en las paredes de la barrera permeable.

DIAGRAMA N° 2.
FLUJOGRAMA – PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUA
CONTAMINADA EN LA DESEMBOCADURA DEL RÍO BURRO.

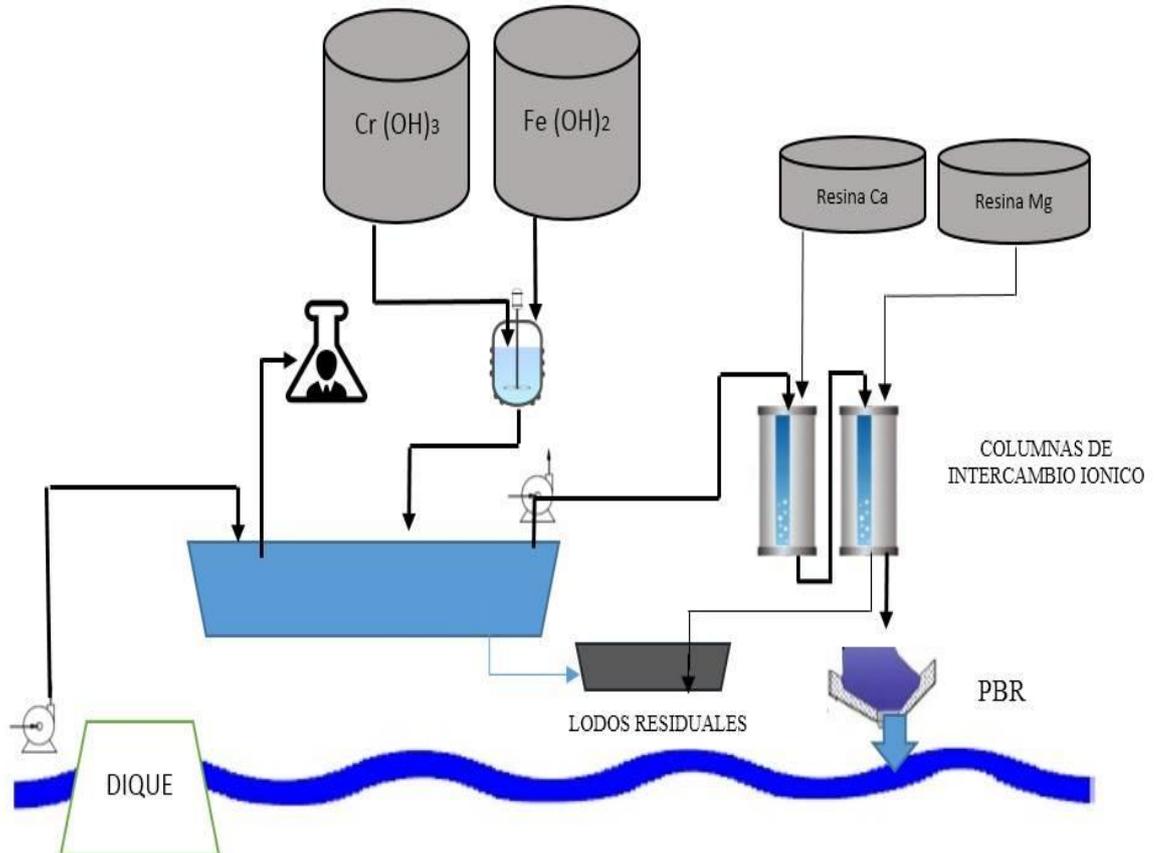


FUENTE: Palacios J y Santos M, 2015

ELABORADO POR: Palacios J y Santos M, 2015

DIAGRAMA N° 3.

DIAGRAMA DE PROCESO DEL TRATAMIENTO DE AGUA CONTAMINADA EN LA DESEMBOCADURA DEL RÍO BURRO.



FUENTE: Palacios J y Santos M, 2015

ELABORADO POR: Palacios J y Santos M, 2015

Ya que el río es alimentado principalmente por efluentes clandestinos más que de una fuente natural de agua, presenta un caudal muy pequeño y manejable al momento de represarlo.

La playa de Tarqui cuenta con un área bastante extensa ideal para el montaje de una pequeña o mediana planta de tratamiento químico, que cuente con un laboratorio que sirva para el análisis de estas aguas.

La planta tiene como objetivo el represado del agua para tratarla a través de procesos químicos para reducir las sustancias tóxicas y nocivas que contiene, ya que es imposible hacerlo durante su flujo natural.

Los compuestos predominantes en estas aguas son el cromo hexavalente, nitritos, nitratos y sulfatos, para lo que se deben los siguientes procesos:

- ✓ En las barreras reactivas permeables las sustancias dañinas se transforman mediante reacción química en compuestos inocuos o inofensivos. Por ejemplo, el hierro granulado puede transformar algunos tipos de disolventes que presentes compuestos clorados en sustancias químicas inofensivas. También se puede conseguir la degradación de los contaminantes estimulando el crecimiento de microorganismos que transforman en su metabolismo las sustancias perjudiciales en CO₂ y agua. Para ello las paredes de las barreras estarán rellenas de nutrientes y oxígeno.
- ✓ La Desnitrificación puede desarrollarse por un proceso químico mediante el empleo de hidróxido de hierro en presencia de un catalizador de cobre produciéndose pequeñas cantidades de fangos con un alto contenido en hierro.
- ✓ Los intercambiadores de iones suelen contener resinas de intercambio iónico (porosas o en forma de gel). Los intercambiadores de iones pueden ser intercambiadores de cationes, que intercambian iones cargados positivamente (cationes), o intercambiadores de aniones que intercambian iones con carga negativa (aniones). Los intercambiadores de iones puede ser selectivos o trabajar preferentemente con ciertos iones o clases de iones, en función de su estructura química.

TABLA N° 9

PLAN PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA DULCE EN LA DESEMBOCADURA DEL RÍO BURRO EN LA CIUDAD DE MANTA.

PROGRAMA	ACTIVIDADES	RESPONSABLES	OBSERVACIONES
Represado del Efluente del río previo a su desembocadura	Construcción de un dique de contención para el tratamiento del agua del río burro.	GAD Manta	Esta obra necesita una evaluación aparte que justifique la ubicación de dicho dique de contención.
Análisis Físico Químicos diarios	Metales Pesados Cromo Hexavalente Nitritos y sulfatos Color	GAD Manta	Se deben contar con un laboratorio acreditado para la realización de dichos análisis.
Reducción y eliminación del Cromo VI a Cromo III	Precipitación con $\text{Cr}(\text{OH})_3$	GAD Manta	Este tratamiento debe ser implementado en varias etapas, y con las respectivas evaluaciones para dar cumplimiento a la norma ambiental.
	Remoción con Barreras Reactivas Permeables (PBR)		
Eliminación de Nitritos y nitratos	Desnitrificación mediante hidróxido de Hierro	GAD Manta	Tratamiento alternativo para lodos residuales producidos por la Desnitrificación.
Eliminación de Sulfatos	Intercambio Iónico con Calcio y Magnesio.	GAD Manta	Montaje de columnas de intercambio iónico en caso de tener concentraciones muy elevadas

FUENTE: Palacios J y Santos M, 2015

ELABORADO POR: Palacios J y Santos M, 2015

10. ELABORACIÓN DEL REPORTE DE LOS RESULTADOS

10.1 Discusión

- ✓ Las diferentes sustancias encontradas en las muestras, indican que en el cauce del río existen descargas clandestinas de aguas, las cuales son productos de actividades industriales, domésticas entre otras, por lo que es necesario realizar un monitoreo de estos efluentes y evitar que lleguen al río sin antes haber tenido un tratamiento previo.
- ✓ El ecosistema marino de la ciudad de Manta específicamente se ve seriamente afectado debido a los contaminantes presentes en dichas aguas, los mismos que afectan a las especies semejantes a la Artemia Salina, teniendo en cuenta que este molusco representa a uno de los primeros eslabones de la cadena trófica marina que al romperse de altera de una manera significativa.
- ✓ Se determinó la concentración letal media en base a la correlación existente entre la concentración del agua contaminada del rio burro y el porcentaje de mortalidad expresado en número Probit, la cual quedo establecida en Cl_{50} (34.29%), la cual corresponde a la concentración del agua contaminada, basándose en las diluciones obtenidas para la dosificación del agua en el ensayo sobre Artemia salina. Los datos evaluados fueron analizados mediante el modelo estadístico de regresión simple y análisis de la variabilidad comparativo (anova), todos los datos analizados se desarrollaron en Microsoft Excel y Statgraphics.

10.2 Conclusiones

Acorde a los resultados obtenidos durante la investigación se concluye lo siguiente:

- ✓ Se comprobó mediante análisis fisicoquímicos que el rio Burro presenta valores elevados en lo que a sustancias contaminantes y toxicas se refiere, como lo es el cromo hexavalente, amoniaco, nitritos, ácido sulfhídrico y Fosfatos, lo que indica claramente que el rio está siendo afectado significativamente durante su trascurso hasta su desembocadura contaminando también el agua del mar donde se encuentra unos de los principales balnearios de la ciudad.
- ✓ Se verifico mediante un bioensayo ecotoxicológico estandarizado sobre Artemia salina que el agua del mar donde desemboca el rio Burro contiene los niveles de

toxicidad necesarios para evidenciar un efecto toxico agudo, medible como concentración letal de las sustancias presentes en el agua, principalmente a los compuestos del cromo, debido a que las artemias presentan una cutícula muy fina volviéndolas vulnerables a cualquier sustancia ajenas a su medio y toxicas, especialmente a los compuestos asociados al cromo hexavalente, ya que este tipo de sustancia al volverse permeable para la Artemia, ingresa al cuerpo a través de los canales iónicos, con mecanismos similares a los sulfatos, pudiendo de esta manera llegar al núcleo de la célula y modificar su ADN.

- ✓ Que la concentración letal media para la Artemia salina esta entre 13-14 mg/l de Dicromato de potasio y en la muestra analizada existe una concentración de 3.5 mg/l por lo que la causa de la mortalidad se le atribuye también a los compuestos como amoniaco, fosfatos, nitritos y sulfuros, los cuales a los niveles a los que se encuentran actualmente son altamente tóxicos para las Artemias como para otras especies.

10.3 Recomendaciones

- ✓ Se deberían tomar medidas estrictas apegadas a la ley y sancionar a los causantes directos de la contaminación del rio para de esta manera evitar los futuros daños al ecosistema e incluso a la población ya que en la desembocadura del rio se encuentra unos de los balnearios principales de la ciudad, y estos contaminantes que causan daños físicos como irritaciones a la piel también tiene influencia sobre el turismo y la economía de la ciudad.
- ✓ Es recomendable realizar monitoreos frecuentes a los diferentes efluentes que alimentan el rio, y así poder identificar de una forma específica cuales son los que mayor cantidad de contaminantes aportan al rio y puedan ser tratados previamente.
- ✓ Que es recomendable retener el agua del río aprovechando que tiene un flujo volumétrico relativamente bajo y someter el agua a tratamientos químicos y biológicos para así poder realizar la descarga al mar bajo las normativas establecidas disminuyendo asimismo el impacto al ecosistema marino.

- ✓ Los bioensayos son análisis relativamente sencillos rápidos y económicos de gran importancia y nos ayudan a percibir el verdadero impacto de uno o varios contaminantes que pueden afectar tanto a salud animal como causar una alteración en la cadena trófica alterando seriamente un ecosistema.
- ✓ Se sugiere considerar este trabajo investigativo como referencia para propósitos comparativos, de remediación y monitoreo por las facilidades que brinda, su corto tiempo y la economía que presentan dichos análisis
- ✓ Advertir a los bañistas sobre el riesgo al que están expuestos, si bien es cierto el agua del mar en un radio s de 100 metros ha tomado una coloración rojiza la misma que disminuye a mayor distancia en donde se puede apreciar un considerable número de bañistas, tomando en cuenta dos puntos importantes, que los nitritos y cromatos son carcinógenos, y que el análisis fue realizado solo hasta los 100 metros, por lo que no se puede descartar a ciencia cierta que por efectos de dilución las concentraciones sean insignificantes.

11.PRESUPUESTO

ITEM	CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	PRECIO TOTAL/2 AUTORES	ESPECIFICACIONES
1	Internet			\$150.00	\$75.00	Contratación de internet 5 meses
2	Copias	500	\$0.02	\$10.00	\$5.00	Anteproyectos y anillados
3	Transporte		\$300.00	\$300.00		Todo tipo de movilización
4	Empastado de Tesis	4	\$15.00	\$60.00	\$30.00	Unidades
5	Materiales varios para los ensayos		\$2000.00	\$2000.00	\$1000.00	Todo tipo de materiales de laboratorio
6	Envases para muestreo	28	\$1.50	\$42.00	\$21.00	Envases para la Toma de Muestras
7	Análisis		\$300.00	\$300.00	\$150.00	Análisis Físicos y Químicos
8	Varios		\$100.00	\$100.00	\$50.00	Gastos Varios
SUBTOTAL				\$2962.00	\$1481.81	

12. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Actividades	SEMANAS											
	MAYO				JUNIO				JULIO			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ANTEPROYECTO DE APROBACION												
ANTEPROYECTO DE GESTIONES DE PERMISOS PARA USOS DE LABORATORIOS Y REACTIVOS												
RECOPLACION DE DATOS												
TOMA DE MUESTRAS												
ANALISIS FISICO QUIMICOS Y MICROBIOLOGICOS DE LAS MUESTRAS												
REVISION DE MODELO BIOLOGICO												
PREPARACION DE MATERIALES Y MEDIOS DE ECLOSION												
ENSAYOS ECOTOXICOLOGICOS												
RECOPLACION DE RESULTADOS												
ANALISIS MEDIANTE METODOS ESTADISTICOS												
ANALISIS DE RESULTADOS												
CORRECCION DEL TRABAJO FINAL DE TESIS												

FUENTE: Palacios J y Santos M, 2015

ELABORADO POR: Palacios J y Santos M, 2015

13. BIBLIOGRAFÍA

- ✓ Almeida Jorge, Garay Fulton, Quimis Johana y Rizzo Jenniffer “DETERMINACIÓN DE DICROMATO DE POTASIO COMO PATRÓN EN ENSAYOS ECOTOXICOLÓGICOS SOBRE ARTEMIA SALINA, UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ 2013” Tesis, Portoviejo 2013.
- ✓ Arelypaulo. *Buenas Tareas*. 25 de Abril de 2012. <http://www.buenastareas.com/ensayos/Bioensayos/3998257.html>.
- ✓ Castro Jonathan, Quijano Alberto, Saltos Magno y Zambrano Diego. «“PROPUESTA DE PROTOCOLOS ECOTOXICOLÓGICOS PARA LA DETERMINACIÓN DE QUÍMICOS PELIGROSOS EN ECOSISTEMAS”». Tesis, Portoviejo, 2013.
- ✓ Chumaña, Christian David Sánchez. «La contaminación en la elaboración Industrial del Azúcar.» Milagros, 2013.
- ✓ Codificación, Comisión de Legislación y. «Ley de Gestión Ambiental.» *Ley de Gestión Ambiental*. 10 de Septiembre de 2004. <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEY-DE-GESTION-AMBIENTAL.pdf> (último acceso: 8 de abril de 2015).
- ✓ Crespo, Josune Urién. «Vida Científica.» 2012. <http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:revista100cias-2012-5ne-7160/Documento.pdf> (último acceso: 29 de Marzo de 2015).
- ✓ Decreto No. 3516 (Vigencia y Aplicabilidad del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente
- ✓ Ecuador, Constitución Política del. «Constitución Política del Ecuador.» *Constitución Política del Ecuador*. 2008. <http://www.justicia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/04/Constituci%C3%B3n-Pol%C3%ADtica-del-Ecuador.pdf> (último acceso: 24 de Marzo de 2015).
- ✓ El Diario (2013). Siguen descargas en las Playas.
- ✓ El Universo (2003). Barrios de Manta alertas por la Contaminación
- ✓ Extra. «Denuncian grave impacto ambiental en Manta.» *Extra*, 17 de Agosto de 2010.

- ✓ fb.docs. *fb.docs*. 2010. [https://fb.docs.com/1IM5I?_escaped_fragment_ =](https://fb.docs.com/1IM5I?_escaped_fragment_=) (último acceso: 28 de marzo de 2015).
- ✓ González, Armando. *Acuario Amazónico*. 11 de Diciembre de 2009. <http://acuarioamazonico.blogspot.com/2009/12/cria-de-la-artemia-artemia-spp.html>.
- ✓ Gorgon, Mighty. *Biblioteca Portalpez*. 2008. <http://biblioteca.portalpez.com/la-artemia-salina-yp15740.html>.
- ✓ INECC. *INECC*. 17 de Agosto de 2009. <http://www.inecc.gob.mx/sqre-temas/766-sqre-eco> (último acceso: 28 de Marzo de 2015).
- ✓ Ispch. *Ispch*. s.f. http://www.ispch.cl/saludambiental/ambiente/quimica_ambiental/contaminacion (último acceso: 23 de Marzo de 2015).
- ✓ Iveth, Calderón Cedeño Luis Ricardo y Pincay Góngora Carla. «optimizacion de los recursos hidricos mediante el estudio técnico y económico de una planta desalinizadora por osmosis inversa en la empresa Marbelize s.a.» Trabajo de Titulación, Manta, 2013.
- ✓ Macías Lisbeth, Zambrano Brayan. «Evaluación Química-Ambiental Del Efluente De La Laguna De Maduración De La Panta Tratamiento Aguas Residuales De Portoviejo Mediante Ensayos Ecotoxicológicos.» Trabajo de Titulación, Portoviejo, 2015.
- ✓ Martínez, Laura Mildred López. «Determinación De La Concentración Letal Media (Cl50-48) Del .» Tesis, Bogotá D.C, 2009.
- ✓ Morales, Gabriela Castillo. *Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas*. México: México: IMTA, 2004, 2004.
- ✓ Online, Botanical. *Botanical Online*. 1999. http://www.botanical-online.com/animales/artemia_ficha.htm.
- ✓ Oocities. *oocities*. Octubre de 2009. http://www.oocities.org/sepra_gt/monitoreo.htm.
- ✓ Orgánica, Acuicultura. *Acuicultura Orgánica*. 1999. <http://www.acuicultura-organica.com/>.
- ✓ *pecesdiscoymas*. 2013. <http://pecesdiscoymas.foroactivo.com/t131-caracteristicasutilidad-y-cria-de-artemia>.

- ✓ Pesca, Departamento de. *Depósitos de Documento de la FAO*. s.f. <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB474S/AB474S02.htm>.
- ✓ Puig, Alba. *Crisyt*. s.f. <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/Ecotoxicol.htm> (último acceso: 28 de Marzo de 2015).
- ✓ República, Presidencia de la. «Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua.» *Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua*. s.f. www.elaw.org/system/files/NCADE.doc (último acceso: 22 de abril de 2015).
- ✓ Respuesta, Yahoo. *Yahoo Respuesta*. 2015. <https://espanol.answers.yahoo.com/question/index?qid=20080505085026AA7nUCw>.
- ✓ Toscano, Marisol. *Clubensayos*. 2013. <https://www.clubensayos.com/Negocios/CONTABILIDAD-AGRICOLA/1214329.html>.
- ✓ Veronika, Jenny. *slideshare*. 30 de Octubre de 2014. <http://es.slideshare.net/JENNYPASACA/normas-de-descarga-de-efluentes-a-un-cuerpo-de-agua-o-receptor> (último acceso: 20 de abril de 2015).
- ✓ Wikipedia. *Wikipedia*. 5 de Septiembre de 2014. https://es.wikipedia.org/wiki/Qu%C3%ADmica_ambiental (último acceso: 27 de marzo de 2015).
- ✓ *Wikipedia*. 15 de junio de 2015. <https://es.wikipedia.org/wiki/Xenobi%C3%B3tico>.
- ✓ *Wikipedia*. Julio de 2015. https://es.wikipedia.org/wiki/Agua_de_mar.
- ✓ *Wikipedia*. 31 de Julio de 2015. https://es.wikipedia.org/wiki/Organismo_modelo.
- ✓ Xavier, Barreto Burgos Ronald. «ESTUDIO DE LOS EFECTOS CONTAMINANTES POR DESECHOS DE HIDROCARBUROS DE PETROLEO EN EL ECOSISTEMA MARINO, "SECTOR CARIOCA" CANTON LA LIBERTAD, 2014.» Trabajo de Titulación, Guayaquil, 2014.

14. ANEXOS

ANEXO 1: Río Burro en la Ciudad de Manta



FUENTE: Palacios J y Santos M, 2015

ELABORADO POR: Palacios J y Santos M, 2015

ANEXO 2: Coloración del Río Burro en la Ciudad de Manta



FUENTE: Palacios J y Santos M, 2015

ELABORADO POR: Palacios J y Santos M, 2015

ANEXO 3: Desembocadura del Río Burro en la Ciudad de Manta



FUENTE: Google Earth

ELABORADO POR: Google Earth 2015

ANEXO 4: Envase para la toma de muestra



FUENTE: Palacios J y Santos M, 2015

ELABORADO POR: Palacios J y Santos M, 2015

ANEXO 5: Toma de Muestra a 20 metros



FUENTE: Palacios J y Santos M, 2015

ELABORADO POR: Palacios J y Santos M, 2015

ANEXO 6: Toma de Muestra a 40 metros



FUENTE: Palacios J y Santos M, 2015

ELABORADO POR: Palacios J y Santos M, 2015

ANEXO 7: Toma de muestra a 60 m



FUENTE: Palacios J y Santos M, 2015

ELABORADO POR: Palacios J y Santos M, 2015

ANEXO 8: Toma de Muestra a 80 metros



FUENTE: Palacios J y Santos M, 2015

ELABORADO POR: Palacios J y Santos M, 2015

ANEXO 9: Toma de Muestra a 100 metros



FUENTE: Palacios J y Santos M, 2015

ELABORADO POR: Palacios J y Santos M, 2015

ANEXO 10: Recopilación de las Muestras



FUENTE: Palacios J y Santos M, 2015

ELABORADO POR: Palacios J y Santos M, 2015

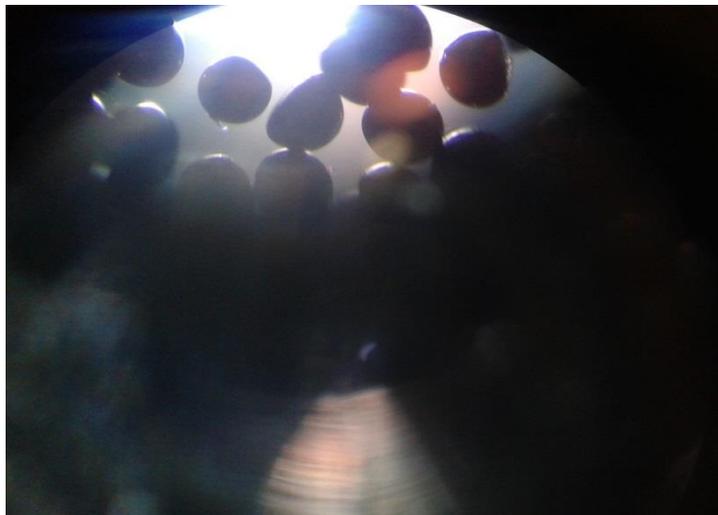
ANEXO 11: Artemias para eclosión



FUENTE: Palacios J y Santos M, 2015

ELABORADO POR: Palacios J y Santos M, 2015

ANEXO 12: Nauplios de Artemia vista en el microscopio



FUENTE: Palacios J y Santos M, 2015

ELABORADO POR: Palacios J y Santos M, 2015

ANEXO 13: Esterilización de los Materiales



FUENTE: Palacios J y Santos M, 2015

ELABORADO POR: Palacios J y Santos M, 2015

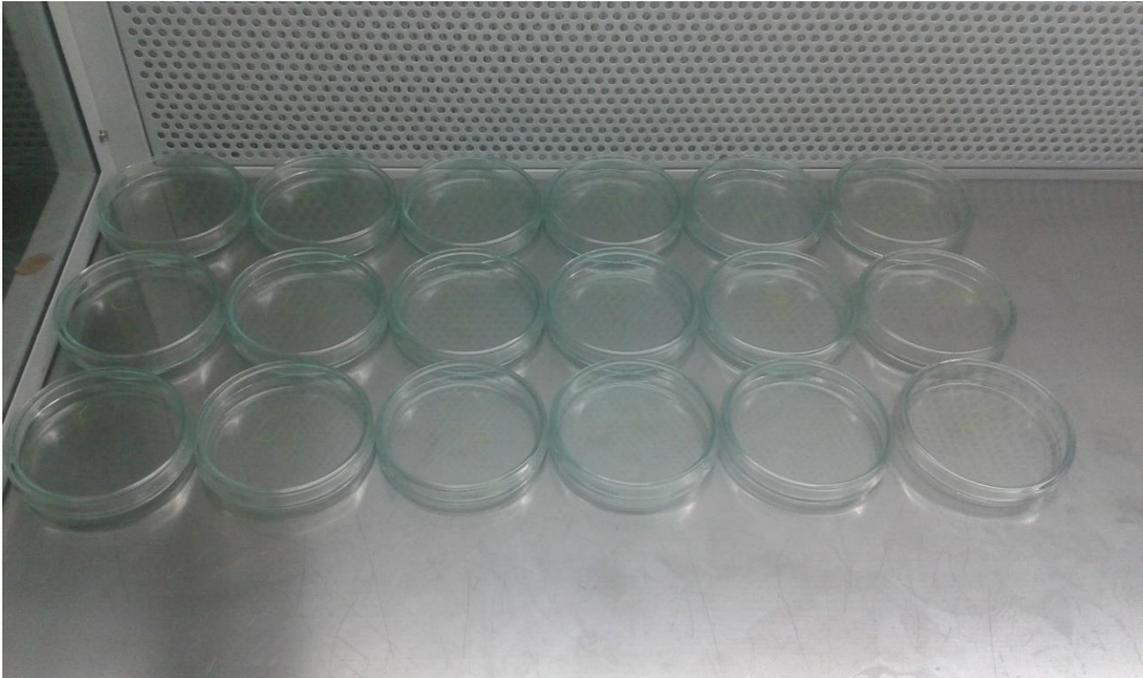
ANEXO 14: Sal secada y Esterilizada



FUENTE: Palacios J y Santos M, 2015

ELABORADO POR: Palacios J y Santos M, 2015

ANEXO 15: Cajas Petri esterilizadas previamente



FUENTE: Palacios J y Santos M, 2015

ELABORADO POR: Palacios J y Santos M, 2015

ANEXO 16: Pesado de Artemia



FUENTE: Palacios J y Santos M, 2015

ELABORADO POR: Palacios J y Santos M, 2015

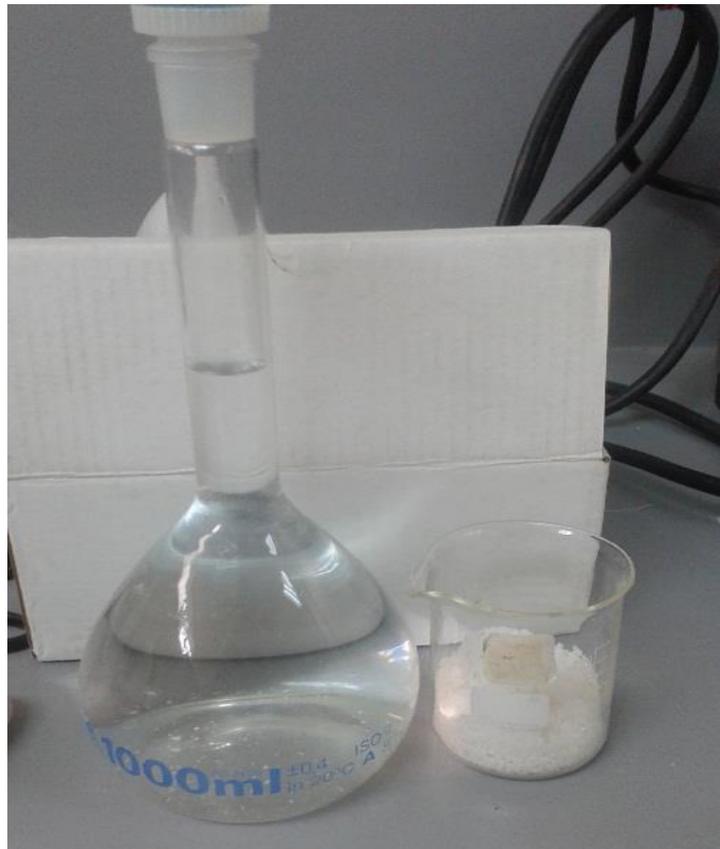
ANEXO 17: Pesado de Sal



FUENTE: Palacios J y Santos M, 2015

ELABORADO POR: Palacios J y Santos M, 2015

ANEXO 18: Solución de Cloruro de sodio a 25 ppm



FUENTE: Palacios J y Santos M, 2015

ELABORADO POR: Palacios J y Santos M, 2015

ANEXO 19: Eclosionador de Artemias



FUENTE: Palacios J y Santos M, 2015

ELABORADO POR: Palacios J y Santos M, 2015

ANEXO 20: Traslado de las Artemias



FUENTE: Palacios J y Santos M, 2015

ELABORADO POR: Palacios J y Santos M, 2015

ANEXO 21: Contando las Artemias



FUENTE: Palacios J y Santos M, 2015

ELABORADO POR: Palacios J y Santos M, 2015

ANEXO 22: Observación de las Artemias en el Microscopio



FUENTE: Palacios J y Santos M, 2015

ELABORADO POR: Palacios J y Santos M, 2015

ANEXO 23: Nauplio de Artemia



FUENTE: Palacios J y Santos M, 2015

ELABORADO POR: Palacios J y Santos M, 2015

ANEXO 24: Artemia Adulta



FUENTE: Palacios J y Santos M, 2015

ELABORADO POR: Palacios J y Santos M, 2015

ANEXO 25: Autores de la Tesis (Palacios J, Santos M)



FUENTE: Palacios J y Santos M, 2015

ELABORADO POR: Palacios J y Santos M, 2015