



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA

“Calidad, Pertinencia y Calidez”

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA QUÍMICA**

TEMA

**“CALIDAD DEL AGUA DE MAR DEL ESTERO HUAYLÀ Y SUS
EFECTOS EN EL CRECIMIENTO Y SUPERVIVENCIA DE LARVAS
DE *Litopenaeus vannamei*”.**

AUTORA

PRISCILLA GISELLA JARA VALLE

TUTORA

DRA. MAIRIN JOSEFINA LEMUS BARRIOS, PHD.

MACHALA - EL ORO - ECUADOR

2015

CERTIFICACIÓN

El presente trabajo de titulación “**CALIDAD DEL AGUA DE MAR DEL ESTERO HUAYLA Y SUS EFECTOS EN EL CRECIMIENTO Y SUPERVIVENCIA DE LARVAS DE *Litopenaeus vannamei*.**”, realizado por la autora Srta. Priscilla Gisella Jara Valle, egresada de la Carrera de Ingeniería Química, ha sido prolijamente dirigido y revisado, por lo tanto autorizo su presentación previa a la obtención del título de Ingeniera Química.

Dra. Mairin Josefina Lemus Barrios, PhD.

TUTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTORÍA

Yo Priscilla Gisella Jara Valle con cédula de ciudadanía 070657808-5, egresada de la Carrera de Ingeniería Química de la Unidad Académica de Ciencias Químicas y de la Salud, de la Universidad Técnica de Machala, responsable del presente Trabajo de Titulación “CALIDAD DEL AGUA DE MAR DEL ESTERO HUAYLA Y SUS EFECTOS EN EL CRECIMIENTO Y SUPERVIVENCIA DE LARVAS DE *Litopenaeus vannamei*.”, Certifico que la responsabilidad de la investigación, resultados y conclusiones del presente trabajo pertenecen exclusivamente a mi autoría; una vez que ha sido aprobada por mi Tribunal de Sustentación autorizando su presentación.

Deslindo a la Universidad Técnica de Machala de cualquier delito de plagio y cedo mis derechos de Autora a la Universidad Técnica de Machala para ella proceda a darle el uso que crea conveniente.

Priscilla Gisella Jara Valle

C.I. 070657808-5

AUTORA

RESPONSABILIDAD

El presente trabajo de titulación: Metodología utilizada, Resultados, Conclusiones y Recomendaciones son de responsabilidad única y exclusiva de la autora.

Priscilla Gisella Jara Valle

C.I. 070657808-5

AUTORA

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a Dios todopoderoso que con sus bendiciones, hizo posible la culminación de mi carrera profesional con éxito.

Con amor a mis padres Carlos Jara Lara y Betty Valle Astudillo, que han sido mi fuente de inspiración para seguir adelante y lograr el objetivo alcanzado, por su apoyo incondicional y estar siempre a mi lado, por ser mi guía, consejeros y amigos.

A mis abuelitos Miguel Valle (+), María Astudillo (+) y María Lara, que nunca dudaron de cumplir mis sueños de ser profesional.

A mi hermano Dennys Jara Valle, por apoyarme. A mis tíos, en especial a Lida Valle Astudillo. A mis primos, que tengan un ejemplo a seguir y logren alcanzar todas sus metas.

Priscilla Gisella Jara Valle

AGRADECIMIENTOS

La autora del presente trabajo de investigación agradece a:

La Universidad Técnica de Machala a la Unidad Académica de Ciencias Químicas y de la Salud que me ha formado como profesional, al personal docente por entregarnos sus conocimientos, paciencia y comprensión motivándome a alcanzar la meta propuesta.

Deseo dejar expresa constancia de mi agradecimiento:

Al Sr. Carlos González-Artigas Díaz Presidente Ejecutivo, Ing. Carlos González-Artigas Llor Gerente General, Ing. Reyna de Alarcón Gerente de Operaciones, Ing. Eduardo Cañarte Gerente de Mantenimiento, Directivos de la Empresa La Fabril S.A. por facilitarme todos los medios necesarios para el desarrollo del presente trabajo previo a la obtención de Título de Ingeniera Química.

A la Dra. Mairin Josefina Lemus Barrios, PhD. Tutora de esta tesis, al Ing. Byron Lapo por su invalorable contribución para la realización de este trabajo de titulación.

Un especial agradecimiento a mi tía Lida Valle Astudillo por su amistad, su incondicional apoyo, y por las valiosas sugerencias que me ha brindado.

Priscilla Gisella Jara Valle

RESUMEN

El nivel de contaminación del estero Huaylá debido a las descargas de aguas residuales que recibe diariamente de la ciudad de Machala han provocado un gran deterioro de los ecosistemas de manglar que se encuentran en la zona, ocasionando que las especies marinas se encuentren en riesgo. El presente trabajo de investigación se realizó con el objetivo de determinar el efecto del agua del estero Huaylá sobre larvas de camarones de *Litopenaeus vannamei*. Para ello se analizó la calidad del agua y el efecto que tiene sobre la mortalidad de las larvas de camarón a través de bioensayos estáticos de corta duración. Los ejemplares fueron obtenidos de una camaronera, se trasladaron al laboratorio donde permanecieron durante 15 días de aclimatización a las condiciones de confinamiento. Los ensayos se realizaron con diluciones de 100, 75, 50, 25 y 0 de dilución del agua proveniente del estero Huaylá, como controles se utilizó agua de mar de la Isla Santa Clara y otro control con agua de mar salina obtenida de *Instan ocean*. Las larvas PL13, previamente aclimatadas fueron colocados en acuarios en una densidad 10 larvas. L⁻¹. Los bioensayos se llevaron a cabo con 5 réplicas. El fotoperiodo fue de 12/12, temperatura promedio $27 \pm 2^{\circ}\text{C}$, salinidad 36, pH 7,85. Se realizaron las observaciones de mortalidad cada 24 horas hasta 96 h. Los resultados mostraron que diluciones entre 50 y 100% del agua del estero Huaylá causan una mortalidad significativamente alta ($p < 0,05$) en relación a la localidad control y al control con agua de mar sintética. La mortalidad para estas diluciones estuvo comprendida entre 53,33 y 62%. Estos resultados preliminares determinan que la contaminación en el estero Huaylá afecta la sobrevivencia de la especie autóctona, *P. vannamei* y podría estar afectando la sobrevivencia de otros organismos y si las descargas residuales continúan la biodiversidad y abundancia que caracterizan los sistemas de manglares estarán en riesgo.

PALABRAS CLAVE: Bioensayos de toxicidad, contaminación, estero Huaylá.

SUMMARY

The level of contamination of the Estero Huaylá due to the discharges of wastes water that receives every day from the city of Machala they have caused a big damage of the ecosystems of mangrove that are in the area, causing that the marine species are in risk. The present research work was realized by the target to determine the effect of the water of the estuary Huaylá on larvae of shrimps of *Litopenaeus vannamei*. For it there was analyzed the water quality and the effect that it has on the mortality of the larvae of shrimp across static bioassays of short duration. The specimens were obtained from a shrimp pool, they were moved to the laboratory where they remained for 15 days of acclimation to the committal conditions. The essays were realized by dilutions of 100, 75, 50, 25 and 0 of dilution of the water originated from the estuary Huaylá, as control panel there was used sea water of the Island Santa Clara and another control with obtained saline Instan ocean sea water. The larvae in stadium PL13, previously acclimated were placed in aquariums in a thickness 10 larvae. L-1. The bioassays were carried out by 5 replies. The photoperiod was of 12/12, temperature divided equally $27 \pm 2^{\circ}\text{C}$, salinity 36, pH 7,85. The mortality remarks were realized every 24 hours up to 96 hs. The results showed that dilutions between 50 and 100 % of the water of the estuary Huaylá cause a significantly high mortality ($p < 0,05$) as regards the locality control and to the control with synthetic sea water. The mortality for these dilutions was comprised between 53,33 and 62 %. These preliminary results determine that the contamination in the estuary Huaylá there affects the survival of the native species, *P. vannamei* and it might be affecting the survival of other organisms and if the residual discharges continue the biodiversity and plenty that characterize the mangroves systems they will be in risk.

KEY WORDS: Bioassays of toxicity, contamination, estuary Huaylá.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÒN	ii
CESIÒN DE DERECHOS DE AUTORÌA	iii
RESPONSABILIDAD.....	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	vi
RESUMEN	vii
SUMMARY	viii
INTRODUCCIÒN.....	1
PROBLEMA.....	3
JUTIFICACIÒN.....	4
OBJETIVOS	5
Objetivo General	5
Objetivos Específicos.....	5
PREGUNTA DE INVESTIGACIÒN	5
HIPÓTESIS.....	5
VARIABLES.....	6
Variable Independiente	6
Variable Dependiente	6
1. MARCO TEÓRICO.....	7
1.1. DEFINICIÒN DE CALIDAD DEL AGUA.	7
1.1.1.1. Características físicas.....	9
1.1.1.2. Características químicas.....	9
1.1.1.3. Características microbiológicas.....	9
1.1.1.4. Características organolépticas.....	10
1.2. CONTAMINACIÒN DEL AGUA DE MAR.....	10
1.2.1. Residuos agrícolas.	11
1.2.2. Residuos urbanos.....	11
1.2.3. Residuos industriales.....	11
1.2.4. Residuos radioactivos.....	11
1.2.5. Residuos de petróleo.....	12
1.2.6. Basuras.	12

1.2.7.	Contaminación atmosférica.....	12
1.2.8.	Minerales.....	12
1.3.	NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL.....	13
1.3.1.	Criterios generales de descarga de Efluentes.....	13
1.3.2.	Criterios de calidad de aguas para la preservación de flora y fauna en agua dulces frías o cálida y en aguas marinas de estuarios.....	14
1.4.	ESTERO.....	17
1.5.	CONTAMINACIÓN DE EL ESTERO HUAYLÀ.....	18
1.6.	ENSAYOS DE TOXICIDAD.....	19
1.7.	CONCENTRACIÓN LETAL MEDIA (CL ₅₀).....	21
1.8.	BIOINDICADORES (indicadores biológicos).....	21
1.9.	LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA.....	24
1.9.1.	Parámetros ambientales.....	24
1.9.1.1.	Microbiológicos.....	24
1.9.1.2.	Organolépticos.....	25
1.9.1.3.	Físicos.....	27
1.9.1.4.	Químicos.....	28
1.10.	CAMARÓN (<i>Litopenaeus vannamei</i>).....	30
1.10.1.	Técnicas de Cosecha.....	31
1.10.2.	Rasgos Biológicos.....	32
2.	METODOLOGÍA.....	33
2.1.	LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	33
2.2.	ÁREA DE ESTUDIO.....	33
2.3.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	34
2.3.1.	Experimental.....	34
2.4.	MATERIALES.....	34
2.4.1.	Reactivos.....	34
2.4.2.	Equipos.....	35
2.4.3.	Materiales.....	36
2.4.4.	Otros materiales.....	37
2.5.	MUESTRAS.....	37
2.5.1.	Unidad de Análisis.....	37

2.5.2.	Recolección de Muestras	37
2.5.3.	Toma de muestra de organismos Larvas de camarón.....	38
2.6.	PROCEDIMIENTO DE MUESTREO, TRANSPORTE Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS DE AGUAS.	39
2.6.1.	Procedimiento de Muestreo.	39
2.6.1.1.	Información requerida.	39
2.6.1.2.	Toma de muestra para análisis físico-químico	41
2.6.1.3.	Toma de muestra para análisis microbiológico	41
2.6.2.	Acondicionado y Transporte de la Muestra.....	41
2.7.	PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS DEL AGUA DEL ESTERO HUAYLÁ (ZONA APARENTEMENTE CONTAMINADA)	43
2.7.1.	Determinaciones Físico-Químicas	43
2.7.1.1.	Determinación de pH (SM4500-H)	43
2.7.1.2.	Determinación de Conductividad (ULTRAMETER II)	44
2.7.1.3.	Determinación de Oxígeno Disuelto (ESPECTOFOTOMÈTRICO)	44
2.7.1.4.	Determinación de Turbidez (TURBIDIMETRO)	44
2.7.1.5.	Determinación de Sólidos Disueltos Totales (MYRON L COMPANY).....	44
2.7.1.6.	Determinación de Sólidos en Suspensión (ESPECTOFOTOMETRICO) ...	45
2.7.1.7.	Determinación de Sólidos Totales	45
2.7.1.8.	Determinación de Sólidos Suspendidos Totales (Método Gravimétrico)	45
2.7.1.9.	Determinación de Cloruros (SM 4500 Cl-B).....	45
2.7.1.10.	Determinación de Carbonatos y Bicarbonatos (SM 2320 B).....	46
2.7.1.11.	Determinación de Sulfatos (EPA 375.4, APHA 4500-SO ₄ ²⁻ E)	46
2.7.1.12.	Determinación de Alcalinidad (AOCS Da-4 ^a -48).....	46
2.7.1.13.	Determinación de DBO (RESPIROMETRICO(OXITOP)- SM, EDISION 17).....	46
2.7.1.14.	Determinación de DQO (EPA 410.4, SM 5220D e ISO 6060)	47
2.7.1.15.	Determinación de Fósforo Total (ESPECTOFOTOMETRICO)	47
2.7.2.	Determinaciones Microbiológicas	48
2.7.2.1.	Determinación de Coliformes Fecales (FILTRACIÓN A TRAVÉS DE MEMBRANA SMWW9222D)	48
2.7.2.2.	Determinación de Escherichia Coli (COLILERT).....	48
2.7.2.3.	Determinación Coliformes Totales (FILTRACIÓN A TRAVÉS DE MEMBRANA SMWW9222DB).....	48

2.8.	BIOENSAYOS DE TOXICIDAD	49
2.8.1.	Análisis del Comportamiento	49
3.	RESULTADOS	50
3.1.	ANÁLISIS DE RESULTADOS FÍSICO QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO.....	50
3.2.	RESULTADOS DE BIOENSAYOS	51
3.3.	ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LC50	53
3.4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	54
4.	CONCLUSIONES	57
5.	RECOMENDACIONES	59
6.	CITAS Y BIBLIOGRAFIA	60
	ANEXOS.....	63

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA FLORA Y FAUNA EN AGUAS DULCES, FRÍAS O CÁLIDAS, Y EN AGUAS MARINAS Y DE ESTUARIO.	15
TABLA 2. COLOR DEL AGUA.....	26
TABLA 3 .OLOR DEL AGUA.....	26
TABLA 4. CLASIFICACIÓN CIENTÍFICA DEL CAMARÓN	31
TABLA 5. UBICACIÓN DE MUESTREO DE AGUA PARA ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO, MICROBIOLÓGICO EN ESTERO HUAYLA DE LA PROVINCIA DE EL ORO.....	39
TABLA 6. PLANILLA DE REGISTRO DE ESTERO HUAYLÁ.....	40
TABLA 7. PARÁMETROS MUESTREADOS	42
TABLA 8. ANÁLISIS FÍSICO- QUÍMICO DEL AGUA DE MAR DEL ESTERO HUAYLÁ.....	50
TABLA 9. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA DE MAR DEL ESTERO HUAYLÁ.....	51
TABLA 10. BIOENSAYOS DE TOXICIDAD LETAL DEL AGUA DEL ESTERO HUAYLÁ SOBRE LARVAS DE CAMARONES DE <i>LITOPENAEUS VANNAMEI</i>	52
TABLA 11. DETERMINACIÓN DE LC50 DE DIFERENTES DILUCIONES DEL AGUA DEL ESTERO HUAYLA SOBRE LARVAS DE <i>LITOPENAEUS VANNAMEI</i>	53

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL AGUA.	8
FIGURA 2. CAMARÓN BLANCO (LITOPENAEUS VANNAMEI)	31
FIGURA 3. RASGOS BIOLÓGICOS DEL CAMARÓN	32
FIGURA 4. PERFIL DEL ÁREA DE ESTUDIO ESTERO HUAYLA.	33
FIGURA 5. PUNTOS DE MUESTREO DE AGUA ESTERO HUAYLÁ.....	38
FIGURA 6. VISTA GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE MUESTREO DE PUERTO BOLÍVAR (ESTERO HUAYLÁ).	43

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICA 1. SOBREVIVENCIA DE LARVAS DE CAMARONES DE <i>LITOPENAEUS</i> <i>VANNAMEI</i> EXPUESTOS A AGUA DEL ESTERO HUAYLÁ.....	54
--	-----------

INTRODUCCIÓN.

El nivel de contaminación del estero Huaylá debido a las descargas de aguas servidas que recibe diariamente de Machala y Puerto Bolívar principalmente de origen doméstico, residuos de combustibles, y debido a las corrientes del mar y mecanismos de pleamar y baja mar permite que los sedimentos enriquecidos de metales entren a los esteros provocado que las especies marinas se encuentren en riesgo.

Esto ha provocado deterioro del ecosistema, y extinción de especies marinas. Por otra parte esta contaminación puede ser causada por productos químicos usados en camaroneras y descarga de aguas servidas que se presentan.

Se debe tener en cuenta las razones por la que es provocada la contaminación del agua, causando una modificación de las propiedades físicas- químicas y biológicas. El agua está expuesta a ser contaminada por organismos vivos y por aquellos que producen enfermedades en el ser humano.

Se entiende por contaminación marina la introducción directa o indirectamente de todo tipo de xenobiótico por el hombre, causando efectos a los recursos vivos y la salud humana, deterioro de la calidad del agua de mar y la reducción de los atractivos naturales.

Las muestras de agua tomadas del Estero Huaylá fueron trasladadas a los Laboratorios de la Unidad Académica de Ciencias Químicas y de la Salud para realizar los bioensayos respectivos, y los análisis físico-químicos y microbiológicos se analizaron en el Laboratorio de Aguas & Crudos y Laboratorio de Microbiología de A&G de la empresa La Fabril S.A.

Se realizaron ensayos para determinar los efectos de los contaminantes sobre el ecosistema marino, los cuales consistieron en la exposición de grupos de organismos a diferentes muestras de aguas por un tiempo determinado.

Los organismos previamente aclimatados a las condiciones del laboratorio se utilizaron para realizar ensayos, y se mantuvieron en condiciones ambientales controladas.

El presente trabajo de investigación se lo realizó para conocer la calidad del agua del Estero Huaylá y sus parámetros físicos, químicos y microbiológicos así como los efectos que produce en el crecimiento y supervivencia de larvas de camarón, utilizándolos como organismos bioindicadores.

PROBLEMA.

El principal problema que presenta el Estero Huaylá es la contaminación debido a las descargas de aguas servidas que recibe diariamente de casas y muelles, contaminación de origen doméstico, residuos de combustibles, toneladas de basura y atracaderos antitécnicos que se observan a orillas del estero, provocando que las especies marinas se encuentren en riesgo (Cruz, 2015).

El Estero Huaylá es un estero natural ubicado al suroeste del cantón Machala de la Provincia del Oro, (03° 16' 03" S - 79° 59' 39" W / N 9638600 E 610939). Constituye el límite natural sur de expansión del área urbana de Puerto Bolívar y de la ciudad de Machala. Tiene una extensión aproximada de 4,24 Km, con un ancho que fluctúa entre un mínimo de 50 metros y un máximo de 94 metros (Cruz, F., 2014).

La supervivencia de los organismos en los diferentes ambientes como los costeros, se pueden ver afectados en mayor o menor grado por los diferentes cambios, como aumento de temperatura, nivel de mar, cambios en la fisicoquímica del agua, su hidrología y morfología, entre otros (Cauich, 2012).

Basados en esta información se analizará la calidad del agua y el efecto sobre "*Litopenaeus vannamei*", como indicador acuático de contaminación para conocer los impactos negativos que afectan su desarrollo.

Por ello la investigación del área afectada nos permite tener conocimiento del efecto tóxico de agua con diferentes grados de contaminación sobre la sobrevivencia y crecimiento del invertebrado *Litopenaeus vannamei* (Morales, 2008).

JUTIFICACIÓN.

El Estero Huaylá se origina en el suroeste de la ciudad de Machala, finalizando en Puerto Bolívar. El Huaylá está ubicado al suroeste del cantón Machala de la Provincia del Oro, (03° 16' 03" S - 79° 59' 39" W / N 9638600 E 610939), desemboca en un estero más amplio y profundo, el estero Santa Rosa, que separa la parte continental del cantón Machala de la isla Jambelí perteneciente al archipiélago del mismo nombre; el área adyacente al estero Huaylá está altamente intervenida (Pincay, 2006).

Como todos los brazos de mar en la costa ecuatoriana, inicialmente tuvo usos recreativos, pero en la actualidad el desordenado crecimiento de la ciudad, sumado a las áreas intervenidas para el cultivo de camarón han generado impactos ambientales a la calidad del agua del Estero Huaylá y a la biota del sector y por ende a la salud de sus pobladores; la agresividad con que en su ribera derecha se han desarrollado camaroneras que agravan la calidad de sus aguas, su fondo marino y la calidad paisajística del sector y con ello la desaparición de la riqueza ictiológica y la fauna marina que albergan (Pincay, 2006).

El ingreso de contaminantes procedentes de fuentes puntuales y dispersas en el estero ha deteriorado la calidad del agua, es por ello que se propuso la realización de bioensayos de corta duración utilizando aguas, una potencialmente contaminada del Estero Huaylá y otra agua sin intervención humana de la Isla Santa Clara y agua artificialmente preparada de Instant Ocean, utilizando como organismo modelo larvas de camarón *Litopenaeus Vannamei*.

En el presente trabajo nos centraremos en la evaluación de la calidad de agua del mar del Estero Huaylá, y los parámetros establecidos en la Norma de Calidad TULSMA, realizando análisis físicos, químicos y microbiológicos.

OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar la calidad del agua en el estero Huaylá y sus efectos en el crecimiento de larvas de camarón *Litopenaeus vannamei*.

Objetivos Específicos

- Determinar las características físicas, químicas y microbiológicas de la calidad del agua, y establecer de acuerdo a los criterios de calidad de agua cual es la situación ambiental de las aguas del Estero Huaylá.
- Determinar la sobrevivencia de *Litopenaeus vannamei* expuesto al agua de mar con diferente grado de contaminación.
- Calcular el límite de tolerancia media (LC50) en *Litopenaeus vannamei* expuesto a agua con diferentes grados de contaminación.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

- ¿Los parámetros físico- químico y microbiológico del estero Huayla, superan los valores límites permisibles a los criterios de calidad de agua?
- ¿Cuáles son los efectos de la calidad del agua sobre *Litopenaeus Vannamei*?

HIPÓTESIS

La calidad del agua del Estero Huaylá afecta el crecimiento y la supervivencia de larvas de camarón *Litopenaeus Vannamei*.

VARIABLES

Variable Independiente

Agua de Mar del Estero Huaylá

Variable Dependiente

Larvas de camarón (*Litopenaeus Vannamei*)

1. MARCO TEÓRICO

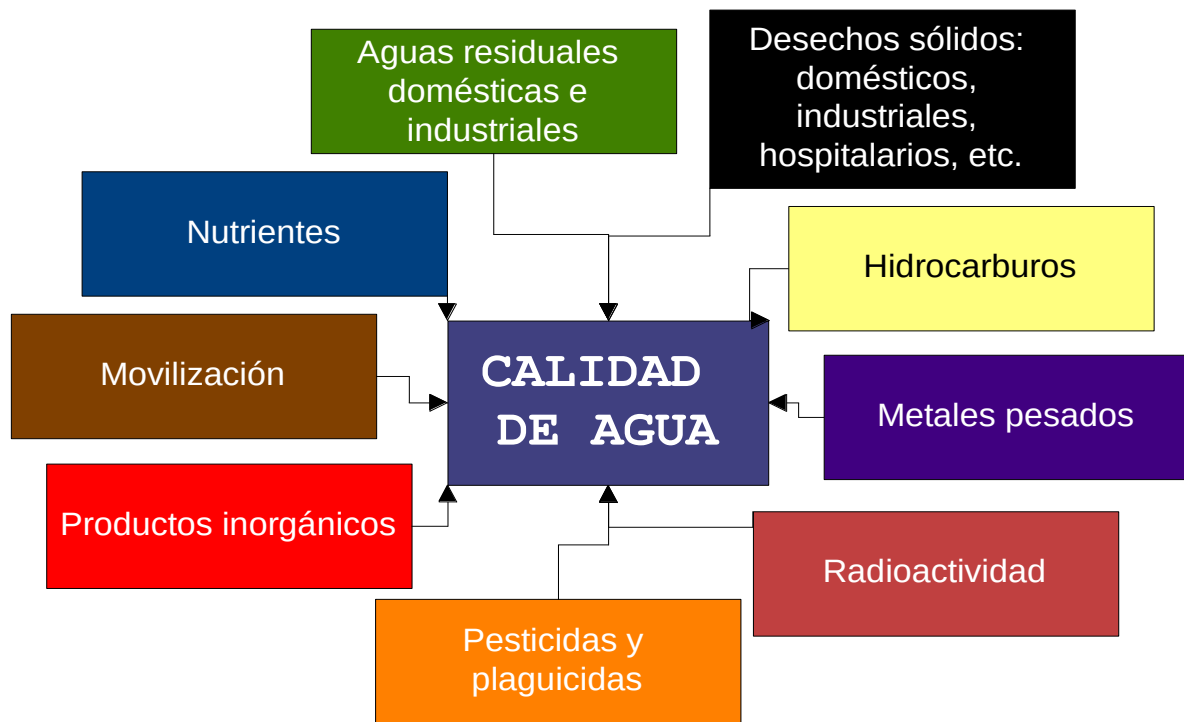
1.1. DEFINICIÓN DE CALIDAD DEL AGUA.

Puede definirse la calidad del agua como la composición físico-químico-microbiológica, recordando que el agua pura no existe en la naturaleza, un agua es de calidad, cuando sus características la hacen aceptable para un cierto uso. La calidad del agua se determina por análisis cuantitativos en laboratorio, tales como pH, sólidos totales (TS), la conductividad y la contaminación microbiana. El conocimiento de las propiedades del agua, derivadas de estas características es fundamental para valorar los posibles inconvenientes y perjuicios que su utilización pudiera ocasionar en sus consumidores (Franco, 2014).

El control de la calidad del agua se basa en normas y legislaciones, estableciéndose límites deseables, tolerables o imperativos, así como orientadores de calidad (Gómez, 2012).

El agua conducida por los ríos alcanza los océanos y por ende causará un potencial impacto ambiental en las zonas costeras y estearinas. En acuicultura, cualquier característica que afecte la supervivencia, reproducción, crecimiento o manejo de especies acuáticas, es una variable de calidad de agua (Gómez, 2012).

Figura 1.Factores que afectan la Calidad del Agua.



Fuente: (Gómez, 2012)

1.1.1. Características Generales del Agua.

Comúnmente las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del agua son responsables de que la Tierra sea tal como se conoce y que la vida misma es consecuencia de las propiedades tan especiales de la molécula de agua, ya que se considera que las primeras formas primitivas de vida comenzaron en una solución acuosa.

El agua se presenta principalmente como un líquido de características poco comunes, es un recurso natural indispensable para todos los seres vivos y en general forma parte de toda la materia viva (Gómez, 2012).

1.1.1.1. Características físicas.

Son las propiedades que se pueden ver, sentir u oler. Por ejemplo: la turbiedad, el color, la temperatura, el olor y el sabor. El agua para consumo humano debe ser transparente, incolora y sin sedimentos. Tampoco debe tener sabor ni olor y debe ser fresca al paladar (Aguilar).

1.1.1.2. Características químicas.

Estas características se deben a las diversas sustancias químicas disueltas en el agua. Es importante conocerlas, para así poder escoger el tratamiento adecuado y las sustancias requeridas para tratarla y que este apta para el consumo humano.

La alcalinidad, la dureza y el pH son propiedades químicas del agua muy importantes para decidir el tratamiento más adecuado. También deben controlarse para evitar corrosión e incrustaciones en las redes y accesorios.

Algunas sustancias químicas en el agua, bien sea en forma natural como el arsénico, el flúor y el manganeso, o agregadas por actividades del hombre, como los nitratos, los metales pesados y los pesticidas, pueden ser nocivas para la salud humana y deben ser removidas antes de utilizar el agua para consumo humano (Aguilar).

1.1.1.3. Características microbiológicas.

Estas características están dadas por los microorganismos presentes en el agua. El agua para consumo humano debe estar libre de los microorganismos y parásitos que pueden causar enfermedades como diarrea, cólera, gastroenteritis, amebiasis, entre otras.

El tratamiento más común para eliminar estos microorganismos es la desinfección con cloro gaseoso o hipoclorito de sodio o de calcio. También se pueden eliminar hirviendo el agua durante varios minutos. Cuando el agua es muy clara y no tiene turbiedad, se puede desinfectar dejándola al sol, en botellas transparentes, durante varias horas (Reyes, 2002).

1.1.1.4. Características organolépticas.

Las características organolépticas se refieren al olor, sabor y percepción visual de sustancias y materiales flotantes y/o suspendidos en el agua (Reyes, 2002).

1.2. CONTAMINACIÓN DEL AGUA DE MAR.

La contaminación consiste en una modificación de la calidad del agua, que generalmente, ha sufrido a manos del hombre durante miles de años, haciéndola impropia o peligrosa para el consumo humano, la industria, la agricultura, la pesca y las actividades recreativas, así como para los animales domésticos y la vida natural (Consejo de Europa).

Los estudios realizados en investigaciones recientemente demuestran que la degradación, especialmente en las zonas costeras, ha incrementado notablemente a medida que han aumentado los vertidos industriales y procedente de explotaciones agrarias y ciudades costeras, la contaminación es la introducción de material químico, físico o biológico en un cuerpo hídrico (ríos, lagos, océanos) que degrada la calidad del agua y afecta a los organismos vivos que viven en ella, como a los que la consumen (Gómez, 2012).

Los cambios que presenta el ecosistema, es provocado por las actividades que realiza el hombre, los tóxicos son desechados al mar donde son ingeridos por pequeños organismos marinos y estos son afectados (Copesa, 2010).

Las principales causas de contaminación que afectan, y desintegran el ecosistema marino son:

1.2.1. Residuos agrícolas.

Son aquellos que se generan a partir de cultivos de leña y los producidos en el desarrollo de actividades propias de estos sectores. Realizando los tratamientos adecuados garantizan la calidad del producto y ser aplicados en los suelos y cultivos. Utilizando productos, que no se biodegradan o descomponen fácilmente, para evitar que sean contaminantes que puedan afectar el ambiente (Copesa, 2010).

1.2.2. Residuos urbanos.

Son aquéllos generados en los domicilios particulares, comercios, oficinas, etc., sin calificación de peligrosos. Residuos procedentes de sistemas de alcantarillado que evacuan aguas residuales domésticas al mar, conteniendo desechos orgánicos, fecales, sustancias químicas tóxicas (Copesa, 2010).

1.2.3. Residuos industriales.

Son los residuos procedentes de la actividad industrial, obtenidos de los procesos industriales que desembocan en el mar. Algunos de ellos son asimilables a urbanos, mientras que otros, por sus características tóxicas y/o peligrosas, pueden generar graves riesgos y requieren controles y tratamientos específicos. Estos residuos pueden contener metales pesados y sustancias químicas levemente peligrosas (Copesa, 2010).

1.2.4. Residuos radioactivos.

Son aquellos que contienen elementos químicos, que pueden causar un riesgo para el ser humano y el medio ambiente. Son empleados en la medicina, la industria, la investigación, etc., (Copesa, 2010).

1.2.5. Residuos de petróleo.

Los residuos del petróleo son los subproductos del petróleo que se usan en los automóviles y otros tipos de maquinaria. Comúnmente el océano es contaminado por las refinerías ubicadas en las costas, cercas de estuarios. Contribuye a la contaminación los residuos descartados por las plataformas (Copesa, 2010).

1.2.6. Basuras.

Es el material y producto no deseado considerado como desecho y que se necesita eliminar porque carece de valor económico, el hombre empezó a utilizar de una manera desordenada las materias primas, la basura sigue siendo un problema debido a que se es arrojada al mar, si no se controla esta contaminación, puede causar varios problemas, entre ellos la liberación generalizada de gases que afectarían a la salud (Copesa, 2010).

1.2.7. Contaminación atmosférica.

Se entiende la presencia en el aire de materias que impliquen riesgo, daño o molestia para las personas y la naturaleza, son las alteraciones que pueden perjudicar a los seres vivos, constituyendo una gran fuente de contaminación. (Copesa, 2010).

1.2.8. Minerales.

Es aquella sustancia natural, de composición química definida. Debido a la explotación minera, residuos como metales son arrojados a los ríos o directamente al mar, desembocando en bahías y puertos (Copesa, 2010).

1.3. NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL.

En el Ecuador existe la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes aplicada al Recurso Agua, (Libro VI, Apéndice 1). Obtenido en el Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (TULSMA, Diciembre 2002) Decreto Ejecutivo No. 3516 publicado en la Edición Especial No. 2 del Registro Oficial del 31 de marzo de 2003, se señalan límites máximos permisibles para la preservación de flora y fauna en aguas marinas y de estuario (Gómez, 2012).

La presente norma técnica determina o establece:

- Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado;
- Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos; y,
- Métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua.

El objetivo principal de esta Norma es proteger la calidad del recurso agua para salvaguardar y preservar la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general, estas acciones deberán realizarse en los términos de la presente Norma (Gómez, 2012).

1.3.1. Criterios generales de descarga de Efluentes.

La norma de calidad ambiental anteriormente mencionada contiene la siguiente regulación:

1. Normas generales para descarga de efluentes, tanto al sistema de alcantarillado como a los cuerpos de agua.
2. Límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para descarga de efluentes al sistema de alcantarillado.

3. Límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para descarga de efluentes a un cuerpo de agua o receptor.
 - a) Descarga a un cuerpo de agua dulce.
 - b) Descarga a un cuerpo de agua marina.

1.3.2. Criterios de calidad de aguas para la preservación de flora y fauna en agua dulces frías o cálida y en aguas marinas de estuarios.

Se entiende por uso del agua para preservación de flora y fauna, su empleo en actividades destinadas a mantener la vida natural de los ecosistemas asociados, sin causar alteraciones en ellos, o para actividades que permitan la reproducción, supervivencia, crecimiento, extracción y aprovechamiento de especies bioacuáticas en cualquiera de sus formas, tal como en los casos de pesca y acuicultura (TULSMA, 2002).

Se presenta a continuación la siguiente tabla:

Tabla 1. Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario.

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límite máximo permisible		
			Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Clorofenoles	Concentración total de PCBs.	mg/l	0,5	0,5	0,5
Bifenilos policlorados/PCBs		mg/l	0,001	0,001	0,001
Oxígeno Disuelto		mg/l	No menor al 80% y no menor a 6 mg/l	No menor al 60% y no menor a 5 mg/l	No menor al 60% y no menor a 5 mg/l
Potencial de hidrógeno	pH		6, 5-9	6, 5-9	6, 5-9, 5
Sulfuro de hidrógeno ionizado	H ₂ S	mg/l	0,0002	0,0002	0,0002
Amoniacó	NH ₃	mg/l	0,02	0,02	0,4
Aluminio	Al	mg/l	0,1	0,1	1,5
Arsénico	As	mg/l	0,05	0,05	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0	1,0	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1	0,1	1,5
Boro	B	mg/l	0,75	0,75	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,001	0,001	0,005
Cianuro Libre	CN ⁻	mg/l	0,01	0,01	0,01
Zinc	Zn	mg/l	0,18	0,18	0,17
Cloro residual	Cl	mg/l	0,01	0,01	0,01
Estaño	Sn	mg/l			2,00
Cobalto	Co	mg/l	0,2	0,2	0,2

Continuación, Tabla 1. Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario.

Plomo	Pb	mg/l			0,01
Cobre	Cu	mg/l	0,02	0,02	0,05
Cromo total	Cr	mg/l	0,05	0,05	0,05
Fenoles monohídricos	Expresado como fenoles	mg/l	0,001	0,001	0,001
Grasas y aceites	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3	0,3	0,3
Hierro	Fe	mg/l	0,3	0,3	0,3
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,5	0,5	0,5
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)	Concentración total de HAPs	mg/l	0,0003	0,0003	0,0003
Manganeso	Mn	mg/l	0,1	0,1	0,1
Materia flotante	visible		Ausencia	Ausencia	Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,0002	0,0002	0,0001
Níquel	Ni	mg/l	0,025	0,025	0,1
Plaguicidas organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	µg/l	10,0	10,0	10,0
Plaguicidas organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales	µg/l	10,0	10,0	10,0

Continuación, Tabla 1. Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario.

Piretroides	Concentración de piretroides totales	mg/l	0,05	0,05	0,05
Plata	Ag	mg/l	0,01	0,01	0,005
Selenio	Se	mg/l	0,01	0,01	0,01
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5	0,5	0,5
Temperatura	°C		Condiciones naturales + 3 Máxima 20	Condiciones naturales + 3 Máxima 32	Condiciones naturales + 3 Máxima 32
Coliformes Fecales	nmp/100 ml		200	200	200

Fuente: (TULSMA, 2002)

1.4. ESTERO.

Son cuerpos de agua de mar marginales semicerrados, la salinidad es sensiblemente diluida por descargas de agua dulce. Las mareas tienden a dominar el patrón de sedimentación, los sedimentos estuarinos consisten de arena fina bien seleccionada y lodos. La arena puede ser introducida principalmente desde el mar, mientras que los lodos son de descargas de afluentes durante las épocas de lluvias, las mareas modelan al interior de los estuarios dando lugar a complejos desarrollo de planicies y canales de mareas (Ramon, 1983).

1.5. CONTAMINACIÓN DE EL ESTERO HUAYLÁ.

El estero Huaylá, comienza en el suroeste de Machala, y finaliza en el sur de la parroquia Puerto Bolívar, desembocando en el estero Santa Rosa (TELEDPRES S.A, 2015).

La cuenca tiene una superficie de 4.310 km² y es una de las cinco más importantes de la vertiente occidental del país. En ella se asienta la mayor parte de la población de la provincia de El Oro y permite la mayor producción exportable de banano y camarón de la región. Los principales usos del agua en el estero Huaylá son el cultivo de especies acuáticas (especialmente camarón) y la navegación (TELEDPRES S.A, 2015).

Estudios y publicaciones presentadas, demuestran la preocupación y el grave estado de contaminación en el que se encuentra el estero Huaylá. Pese a que en su momento la dirección provincial del Ministerio de Ambiente, abrió un proceso administrativo en contra del Municipio de Machala, como responsable director de la contaminación en el estero Huaylá en Puerto Bolívar, y también con la entonces empresa Tripleoro CEM, no se ha tomado ninguna acción para proteger ese ecosistema (TELEDPRES S.A, 2015).

Se menciona que existe indiferencia de las autoridades para afrontar el problema, mediante la formulación e implantación de una Plan de Prevención y Control de la Contaminación de Agua. El 19 de junio del año pasado el alcalde de Machala Carlos Falquez Aguilar, recorrió el brazo de mar y comentó que el tema de la remediación, si bien representará un alto costo, tendrá que invertirse para volver a rescatar esa zona importante de la urbe, sumando a ello que se necesita un sistema integral de las aguas servidas (TELEDPRES S.A, 2015).

Existen gasolineras a orillas del estero y existen derrames de aceite al lavar las embarcaciones en el mar, contaminando el estero y contribuyendo a la extinción de las especies marinas. El agua del estero es utilizada para lavar los peces que son eviscerados en los sitios de desembarque. La contaminación está a la vista, mientras las pequeñas y grandes embarcaciones navegan por un canal, emitiendo olores desagradables cuando la marea está

baja y los desperdicios se concentran en los muelles, lo que ocasiona que se acumulen en el área elevados niveles de coliformes fecales y otros contaminantes, (TELEDPRES S.A, 2015).

Las aguas servidas de Puerto Bolívar y Machala son descargadas en este estero y es probable que exista una gran cantidad de microorganismos. A orillas del estero están instaladas deterioradas viviendas de madera y caña, otras de cemento, grandes cantidades de basura y atracaderos antitécnicos a orillas del estero (TELEDPRES S.A, 2015).

1.6. ENSAYOS DE TOXICIDAD.

Son bioensayos empleados para reconocer y evaluar los efectos de los contaminantes sobre la biota. Para realizarlos se utilizan organismos, como reactivo para evaluar los efectos de cualquier sustancia fisiológicamente activa.

Consisten en la exposición de indicadores acuáticos, a determinadas concentraciones del tóxico por un tiempo determinado. Deben estar en buenas condiciones, previamente aclimatados a las condiciones del ensayo, y se mantienen en condiciones ambientales constantes. Además se dispone de grupos de control (que no se exponen al tóxico). Se miden y registran los efectos biológicos observados en cada uno de los grupos control y tratados y, posteriormente, se efectúa un análisis estadístico de los datos obtenidos (Reish, 1985).

Las variables que se toman a consideración para evaluar los efectos de toxicidad son: mortalidad, inmovilidad, inhibición del crecimiento de la población, alteración del comportamiento, etc. Se determina, por ejemplo, la concentración letal 50 (CL₅₀), que es la concentración letal para el 50 % de los individuos expuestos. Las condiciones de los cultivos y los ensayos deben estar altamente estandarizadas para permitir la comparación de los resultados.

Los ensayos de toxicidad permiten establecer los límites permitidos para los distintos contaminantes, evaluar el impacto de mezclas sobre las comunidades de los ambientes que las reciben y comparar la sensibilidad de una o más especies a distintos tóxicos o a diferentes condiciones para el mismo tóxico. Es útil para la investigación básica del fenómeno de toxicidad, establecer criterios o patrones de calidad de aguas superficiales o efluentes, la evaluación del impacto ambiental y del riesgo ecológico y el monitoreo de las condiciones de un cuerpo de agua (Reish, 1985).

Generalmente, no es suficiente para proteger la biota registrar en un ecosistema dado las concentraciones de las sustancias químicas; los programas para monitorear tales sustancias suelen ser muy caros, y aquellas de alta toxicidad generalmente deben detectarse en concentraciones muy bajas, usando equipo costoso y personal muy entrenado; y en un solo ambiente puede haber cientos de contaminantes con efectos muchas veces no aditivos. Por lo tanto, se necesitan los ensayos biológicos que son relativamente simples, rápidos y económicos, y pueden brindar información adicional sobre el riesgo potencial, incluyendo efectos tóxicos como generación de cáncer, malformaciones, desórdenes de conducta, efectos acumulativos, antagonismos y sinergismos (Buikema, 1982).

Los ensayos pueden realizarse en el laboratorio, o en campo. Mediante los ensayos de toxicidad se estudian las relaciones dosis o concentración, efecto y dosis o concentración (Buikema, 1982).

Los organismos empleados para los ensayos deben tener alta sensibilidad a los tóxicos, pero hay que tener en cuenta que distintas especies tienen diferente sensibilidad a distintas sustancias químicas, ya que al establecer las concentraciones seguras para ellos se espera proteger a todo el ecosistema. Más de 150 especies desde bacterias hasta mamíferos se usaron como organismos para test, pero sólo unas 40 tuvieron cierta aprobación oficial. De todos modos, ninguna especie aislada podría representar adecuadamente un ecosistema entero en sensibilidad toxicológica (Buikema, 1982).

Se utilizan métodos integrados para evaluar la toxicidad de sustancias químicas puras, y simultáneo, para desechos que contienen varias sustancias diferentes. Los ensayos deberían complementarse con monitoreos biológicos y el uso de indicadores ecológicos (Reish, 1985).

1.7. CONCENTRACIÓN LETAL MEDIA (CL₅₀).

Es la concentración obtenida por estadística, de una sustancia de la que puede esperarse que produzca la muerte, durante la exposición o en un plazo definido después de ésta mediante bioensayos ecotoxicológicos en el laboratorio, ya que con un determinado organismo y el uso de testigos se puede predecir el efecto de las sustancias químicas tóxicas, utilizando respuestas como la concentración letal media (CL₅₀), del 50% de los animales expuestos a dicha sustancia durante un periodo determinado. El valor de la CL₅₀ se expresa en peso de sustancia por unidad de volumen de aire normal (miligramos por litro, mg/L) (Menéndez, 2009).

Las pruebas letales o de toxicidad aguda (CL₅₀) permiten evaluar los principales efectos de los contaminantes calculando la concentración que resulta letal para el 50% de individuos expuestos a corto plazo. Es necesaria la evaluación de compuestos que puedan representar alternativas para el estudio de larvas, ya sea por su importancia como recurso biológico o por el valor económico que representan (Llanos, 2012).

1.8. BIOINDICADORES (indicadores biológicos).

Consiste en un grupo de especies utilizadas para conocer las características ecológicas, físico-químicas y biológicas del medio ambiente. Los indicadores biológicos son atributos de los sistemas biológicos empleados para descifrar factores de su ambiente. Inicialmente, se utilizaron especies o asociaciones de éstas como indicadores y, posteriormente, comenzaron a emplearse también atributos correspondientes a otros niveles de organización del ecosistema, como poblaciones, comunidades, etc., lo que resultó particularmente útil en estudios de contaminación (Boltovskoy, 1967).

Las especies indicadoras son organismos (o restos de los mismos) que ayudan a descifrar cualquier fenómeno o acontecimiento actual (o pasado) relacionado con el estudio de un ambiente. Las especies tienen requerimientos físicos, químicos, de estructura del hábitat y de relaciones con otras especies. A cada especie o población le corresponden determinados límites de estas condiciones ambientales entre las cuales los organismos pueden sobrevivir (límites máximos), crecer (intermedios) y reproducirse (límites más estrechos). En general, cuando más estenoica sea la especie en cuestión, es decir, cuando más estrechos sean sus límites de tolerancia, mayor será su utilidad como indicador ecológico. Las especies bioindicadoras deben ser, en general, abundantes, muy sensibles al medio de vida, fáciles y rápidas de identificar, bien estudiadas en su ecología y ciclo biológico, y con poca movilidad (Boltovskoy, 1967).

A principios de siglo se propuso la utilización de listas de organismos como indicadores de características del agua en relación con la mayor o menor cantidad de materia orgánica. La idea de usar como indicadores a las especies se generalizó, aplicándose a la vegetación terrestre y al plancton marino. En determinadas zonas las plantas se usaron ampliamente como indicadores de las condiciones de agua y suelo; algunas plantas, de la presencia de uranio, etc. Distintos organismos planctónicos se utilizan como indicadores de eutroficación (Cairns, 1992).

La utilización de organismos vivos como indicadores de contaminación es una técnica bien reconocida. La composición de una comunidad de organismos refleja la integración de las características del ambiente sobre cierto tiempo, y por eso revela factores que operan de vez en cuando y pueden no registrarse en uno o varios análisis repetidos. La presencia de ciertas especies es una indicación relativamente fidedigna de que durante su ciclo de vida la polución no excedió un umbral (Cairns, 1992).

Muchos organismos, sumamente sensibles a su medio ambiente, cambian aspectos de su forma, desaparecen o, por el contrario, prosperan cuando su medio se contamina. Cada etapa de auto depuración en un río que sufrió una descarga de materia orgánica se caracteriza por la

presencia de determinados indicadores. Según su sensibilidad a la polución orgánica se clasificaron especies como intolerantes, facultativas, o tolerantes (Cairns, 1992).

Los indicadores de contaminación por desechos industriales generalmente son resistentes a la falta total o parcial de oxígeno, la baja intensidad de luz, etc. Los monitoreos biológicos son muy útiles, ya que, por ej., la acumulación de metales pesados en organismos acuáticos puede ser 10 millones de veces mayor a la del ambiente donde viven (Margalef, 1983).

El uso de organismos indicadores de contaminación requiere conocer las tolerancias ecológicas y los requerimientos de las especies, así como sus adaptaciones para resistir contaminantes agudos y crónicos. Las investigaciones sobre organismos indicadores de polución comprenden el estudio auto ecológico, en el laboratorio, para establecer los límites de tolerancia de una especie a una sustancia o a una mezcla de ellas mediante ensayos de toxicidad; y el sinecológico, que se basa en la observación y análisis de las características ambientales de los sitios en los cuales se detectan con más frecuencia poblaciones de organismos de cierta especie. Algas, bacterias, protozoos, macro invertebrados y peces son los más usados como indicadores de contaminación acuática (Odum, 1972).

La mayoría de los estudios estiman características estructurales a diferentes niveles de organización, como cambios en la estructura celular, o en la diversidad de especies, pero, más recientemente, se han incluido características funcionales, como producción y respiración (Odum, 1972).

Los resultados del estudio de las especies indicadoras de niveles de calidad de agua son más inmediatos, pero requieren un profundo conocimiento para identificar los organismos y sólo son adecuados para las condiciones ecológicas y características regionales; mientras que los resultados numéricos de los estudios de estructura de comunidades, si bien requieren su interpretación ecológica, demandando más tiempo, son independientes de las características geográficas regionales y tienen aplicabilidad aún con informaciones sistemáticas y ecológicas deficientes (Margalef, 1983).

En las evaluaciones de riesgo ecológico se ha propuesto el uso de indicadores de conformidad, de diagnóstico, y tempranos de daño (Cairns, 1992).

1.9. LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA.

La evaluación de los parámetros físico-químicos y microbiológicos son necesarios para describir la calidad del agua, ya que conociendo sus características se puede emplear métodos para dar un tratamiento adecuado (Lopez, 2010).

Para explicar la calidad del ecosistema marino no basta realizar análisis de los parámetros físico-químicos, también es necesario determinar parámetros biológicos adicionalmente de los físico-químico (Lopez, 2010).

Los métodos empleados para determinar los parámetros biológicos se basan en la composición de macro invertebrados que habitan en el fondo del ecosistema marino. Estos métodos biológicos son sencillos y de bajo costo (Lopez, 2010).

La mayoría de especies acuáticas están destinadas a ciertas áreas climáticas, las condiciones medio ambientales en las aguas varían dependiendo el nivel de profundidad (Lopez, 2010).

1.9.1. Parámetros ambientales.

1.9.1.1. Microbiológicos.

La denominación genérica coliformes designa a un grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos (Chang, 2007).

- COLIFORMES TOTALES.- Algunas Son Intestinales: indican la calidad del agua tratada.
- COLIFORMES FECALES.- La Mayoría Son Intestinales: indican la calidad del agua para recreación y agua tratada y la posible presencia de contaminación fecal.
- ESCHERICHIA COLI- Estrictamente Intestinal: indica la calidad del agua tratada y de agua para recreación, y es evidencia directa de contaminación fecal.

No todos los coliformes son de origen fecal, por lo que se hizo necesario desarrollar pruebas para diferenciarlos a efectos de emplearlos como indicadores de contaminación. Se distinguen, por lo tanto, los coliformes totales que comprende la totalidad del grupo y los coliformes fecales aquellos de origen intestinal (Chang, 2007).

Desde el punto de vista de la salud pública esta diferenciación es importante puesto que permite asegurar con alto grado de certeza que la contaminación que presenta el agua es de origen fecal (Chang, 2007).

1.9.1.2. Organolépticos.

- Turbiedad.- El principal impacto de una alta turbidez es meramente estético: a nadie le gusta el aspecto del agua sucia. Pero además, es esencial eliminar la turbidez para desinfectar efectivamente el agua que desea ser bebida. Las partículas suspendidas también ayudan a la adhesión de metales pesados y muchos otros compuestos orgánicos tóxicos y pesticidas (Mora, 2009).
- Color.- describe las condiciones físicas o estéticas de un cuerpo de agua, acorde a la siguiente tabla:

Tabla 2. Color del Agua

Tipo de Color	Tipo de Agua
Incoloro	Típico de aguas frescas y dulces
Grisáceo	Típico de aguas residuales domésticas
Amarillo sin Turbidez	Típico de aguas subterráneas, de estuario y de pantanos
Amarillo Turbio	Típico de aguas corrientosas y/o cargadas de limos y arcillas
Amarillo verdoso	Típico de humedades y aguas ricas en fitoplantom
Cafés u oscuras	Típico de aguas con altos contenidos de MO, lixiviados, de RS, PTARs

Fuente: (Mora, 2009).

- Olor.- el olor puede utilizarse de manera subjetiva para describir cualitativamente su calidad, estado, procedencia o contenido, existen ciertos aromas para propósito de calidad de agua que tipifican las fuentes u orígenes, acorde a la siguiente tabla:

Tabla 3 .Olor del Agua

Tipo de Olor	Tipo de Agua
Incoloro	Típico de aguas frescas y dulces
Olor metálico	Típico de aguas subterráneas
Olor a sulfuro	Típico de ARD, de MO, y en general, de sistemas anaeróbicos
Olor vegetal	Típico de aguas poco profundas, de humedades y estuarios
Olor pícrico	Típico de lixiviados de RS, y de aguas procedentes de PTARs
Olor a pescado	Típico de aguas oceánicas y de cultivos piscícolas

Fuente: (Mora, 2009).

- Sabor.- Los distintos sabores del agua pueden depender del origen del curso de agua, de las sustancias disueltas en ella o de la presencia de sustancias orgánicas o inorgánicas. Estos factores pueden ser considerados naturales. Hay aguas que

proviene de determinadas fuentes que tienen sabores característicos. Es el caso del agua de deshielo y el agua mineral, de cuyo sabor son responsables los minerales disueltos en ella, que a su vez provienen del suelo (Mora, 2009).

1.9.1.3. Físicos.

- pH.- Es una medida de la naturaleza ácida o alcalina de la solución acuosa que puede afectar a los usos específicos del agua. La mayoría de aguas naturales tienen un pH entre 6 y 8. Los valores del pH han de ser referidos a la temperatura de medición, pues varían con ella. El pH se corrige por neutralización (Mora, 2009).
- Temperatura.- La medición de la temperatura es importante, ya que muchos tratamientos de aguas y/o AR incluyen procesos biológicos que dependen de la temperatura. En las regiones frías, la temperatura varía de 7 a 18° C, mientras que en regiones cálidas la variación será de 13 a 30 ° C (Mora, 2009).
- Conductividad: Es indicativa de la materia ionizable total presente en el agua. El agua pura contribuye mínimamente a la conductividad, y en su casi totalidad es el resultado del movimiento de los iones de las impurezas presentes (Mora, 2009).
- Los Sólidos.- El agua residual contiene una variedad de materiales sólidos que varían desde hilachas hasta materiales coloidales. Las aguas residuales están constituidas en un elevado porcentaje (en peso) por agua, cerca de 99,9%, y apenas 0,1% de sólidos suspendidos, coloides y disueltos. sin embargo, esta pequeña fracción de sólidos es la que presentan los mayores problemas en el tratamiento y su disposición. El agua es simplemente el medio de transporte. En la caracterización de las aguas residuales, los materiales gruesos son removidos generalmente antes de analizar sólidos en la muestra. Pueden dividirse en sólidos en suspensión y sólidos

disueltos (según el tamaño y la sedimentabilidad), así como en fracciones orgánica (fracción volátil) e inorgánica (fracción fija) (Mora, 2009).

1.9.1.4. Químicos.

- Alcalinidad.- es una medida de los efectos de la combinación de sustancias asociadas a los carbonatos y bicarbonatos. Debido a las variaciones del pH se generan reacciones secundarias que rompen el ciclo ecológico en un cuerpo de agua, mismos que se expresan como la concentración de carbonato de calcio (Mora, 2009).
- Carbono Orgánico total.- es el más conveniente para la determinación de la cantidad total de materia orgánica presente en el agua. Con sus resultados se pueden establecer relaciones con DBO, DQO y por lo tanto, obtener conclusiones sobre su consistencia o no.
- DBO.- La Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) es una medida de oxígeno que usan los microorganismos para descomponer el agua. Mide la cantidad de oxígeno consumido en la eliminación de la materia orgánica del agua, mediante procesos biológicos aerobios. En general se refiere al oxígeno consumido en 5 días (DBO5) y se mide en ppm de O₂. Las aguas subterráneas suelen contener menos de 1 ppm. Un contenido superior es indicativo de contaminación. En las aguas residuales domésticas se sitúa entre 100 y 350 ppm. En las aguas residuales industriales su concentración es totalmente dependiente del proceso de fabricación pudiendo alcanzar varios miles de ppm. Su eliminación se realiza por procesos fisicoquímicos y biológicos aerobios o anaerobios (Mora, 2009).
- DQO.- Mide la capacidad de consumo de un oxidante químico, dicromato o permanganato, por las materias oxidables contenidas en el agua, y también se expresa en ppm de O₂. Indica el contenido en materias orgánicas oxidantes y otras sustancias reductoras, tales como Fe⁺⁺, NH₄⁺, etc. Las aguas no contaminadas

tienen valores de la DQO de 1 a 5 ppm, o algo superiores. Las aguas con valores elevados de DQO, pueden dar lugar a interferencias en ciertos procesos industriales. Las aguas residuales domésticas suelen contener entre 250 y 600 ppm. La relación entre los valores de la DBO y la DQO es un indicativo de la biodegradabilidad de la materia contaminante. En aguas residuales un valor de la relación DBO/DQO menor que 0,2 se interpreta como un vertido de tipo inorgánico y si es mayor que 0,6 como orgánico (Mora, 2009).

- Cloruros.- El ion cloruro, Cl^- , forma sales en general muy solubles. Suele ir asociado al ión Na^+ , especialmente en aguas muy salinas. Las aguas dulces contienen entre 10 y 25 ppm de cloruros, pero no es raro encontrar valores mucho mayores. Las aguas salobres pueden tener centenares e incluso millares de ppm. El agua de mar contiene alrededor de 20.000 ppm. El contenido en cloruros afecta la potabilidad del agua y su potencial uso agrícola e industrial. A partir de 300 ppm el agua empieza a adquirir un sabor salado. Las aguas con cloruros pueden ser muy corrosivas debido al pequeño tamaño del ion que puede penetrar la capa protectora en la interfase óxido - metal y reaccionar con el hierro estructural. Se valora con nitratos de plata usando cromato potásico como indicador. Se separa por intercambio iónico, aunque es menos retenido que los iones polivalentes, por lo cual las aguas de alta pureza requieren un pulido final.
- Sulfatos.- El ión sulfato, SO_4^{2-} , corresponde a sales de moderadamente solubles a muy solubles. Las aguas dulces contienen de 2 a 150 ppm, y el agua de mar cerca de 3000 ppm. Aunque en agua pura se satura a unos 1500 ppm, como SO_4Ca , la presencia de otras sales aumenta su solubilidad (Mora, 2009).

La determinación analítica por gravimetría con cloruros de bario es la más segura. Si se emplean métodos complexométricos hay que estar seguro de evitar las interferencias. No afecta especialmente al agua en cantidades moderadas. Algunos centenares de ppm perjudican la resistencia hormigón. Industrialmente es importante

porque, en presencia de iones calcio, se combina para formar incrustaciones de sulfato cálcico. Su eliminación se realiza por intercambio iónico.

- Fosfatos.- El ión fosfato, $\text{PO}_4^{=}$, en general forma sales muy poco solubles y precipita fácilmente como fosfato cálcico. Al corresponder a un ácido débil, contribuye a la alcalinidad de las aguas.

En general no se encuentran en el agua más de 1 ppm, pero pueden llegar a algunas decenas debido al uso de fertilizantes. Puede ser crítico en la eutrofización de las aguas superficiales. No suele determinarse en los análisis de rutina, pero puede hacerse colorimétricamente (Mora, 2009).

- Bicarbonatos y Carbonatos.- Existe una estrecha relación entre los iones bicarbonato, CO_3H^- , carbonato, $\text{CO}_3^{=}$, el CO_2 gas y el CO_2 disuelto. A su vez el equilibrio está afectado por el pH. Estos iones contribuyen fundamentalmente a la alcalinidad del agua. Los carbonatos precipitan fácilmente en presencia de iones calcio. Las aguas dulces suelen contener entre 50 y 350 ppm de ión bicarbonato, y si el pH es inferior a 8,3 no hay prácticamente ión bicarbonato. El agua de mar tiene unos 100 ppm de ión bicarbonato (Mora, 2009).

1.10. CAMARÓN (*Litopenaeus vannamei*).

Litopenaeus vannamei es un crustáceo nadador, característico de las aguas con profundidades lodosas, de tamaño mediano, comestible, y es comercializado, su existencia en los mercados hace que sea un crustáceo conocido. *Litopenaeus vannamei* se expandió en el sudeste de Asia y en Latinoamérica (Varo, 2012).

Figura 2. Camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*)



Fuente: Arias, 2005

Tabla 4. Clasificación Científica del Camarón

Reino	Animalia
Filo	Arthropoda
Subfilo	Crustacea
Clase	Malacostraca
Orden	Decapoda
Suborden	Dendrobranchiata
Familia	Penaeidae
Género	Litopenaeus
Especie	L. vannamei

Fuente: Website, 2014

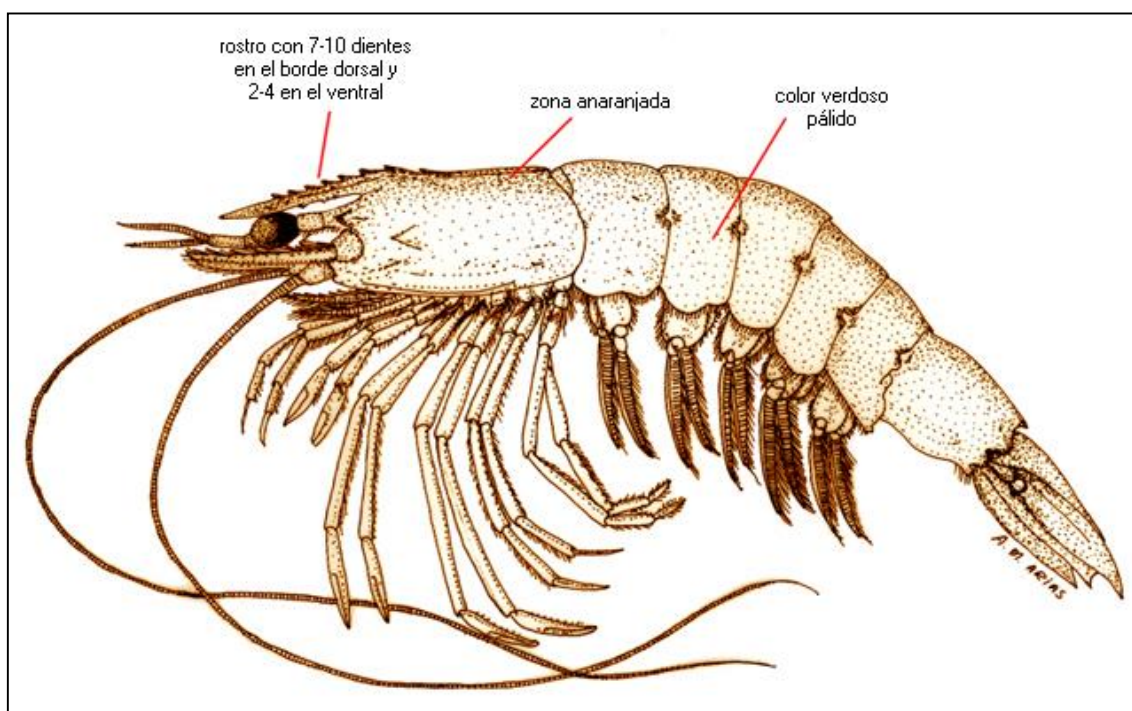
1.10.1. Técnicas de Cosecha.

Para realizar la cosecha, los camarones deben cumplir con condiciones como: tamaño, buen estado sanitario, características organolépticas y físicas aceptables para el mercado. Se debe explicar cómo realizar las actividades de la operación, personal, materiales y equipo, para continuar con la cosecha, Los estanques de cultivos se drenan durante la marea baja, a través de redes colocadas en la salida, para iniciar la cosecha se recomienda retirar la alimentación durante un tiempo de 24 y 48 horas antes de que este se realice (Varo, 2012).

1.10.2. Rasgos Biológicos.

Presenta una longitud máxima de 230 milímetros, con 7–10 dientes dorsales y 2–4 dientes ventrales. Su coloración es blanquecino y presenta un caparazón de color oscura (Varo, 2012).

Figura 3. Rasgos Biológicos del Camarón



Fuente: Arias, 2005

2. METODOLOGÍA

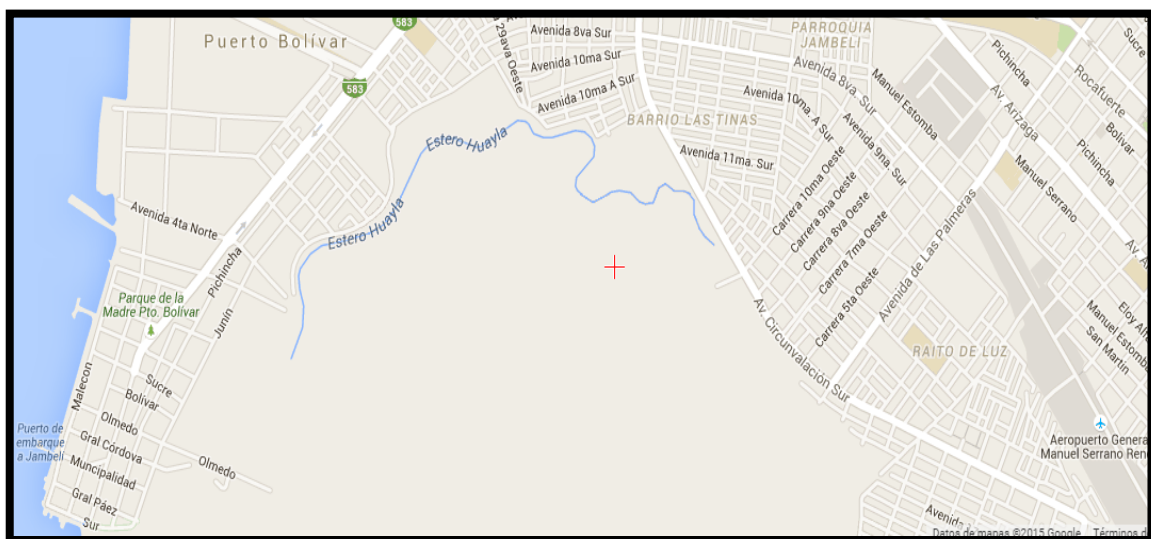
2.1. LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

El desarrollo del presente trabajo de investigación se realizó en la Unidad Académica de Ciencias Químicas y de la Salud y los análisis del agua en el Laboratorio de Aguas & Crudos y Laboratorio de Microbiología A&G de la empresa LA FABRIL S.A en la ciudad de Manta Km 5.5 Vía Manta-Montecristi.

2.2. ÁREA DE ESTUDIO.

El área de estudio es una localidad del perfil costero: El Estero Huaylá (Ver Anexo 1), constituye el límite natural sur de expansión del área urbana de Puerto Bolívar y de la ciudad de Machala. Tiene una extensión aproximada de 4,24 Km. con un ancho que fluctúa entre un mínimo de 50 m y un máximo de 94 m. Cuenta con una profundidad de promedio de 10 m, hasta la altura del Yatch Club y decrece gradualmente hasta 1.5 m. aguas arriba en marea alta a la altura del Muelle Comunitario Huaylá.

Figura 4. Perfil del Área de estudio estero Huayla.



Fuente: Google Earth 2015

2.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN.

2.3.1. Experimental.

La presente investigación, se enmarca en un diseño de tipo experimental, realizando bioensayos de toxicidad para determinar el efecto de las aguas del estero Huaylá sobre las larvas de camarón, se realizó un estudio de la calidad del agua utilizando para ello bioensayos letales con larvas de camarones pl13, con los resultados obtenidos se midió los efectos que causa en agua de este estero potencialmente contaminado en la sobrevivencia de las larvas de camarón *Litopenaeus vannamei*.

Empleando métodos experimentales para cada determinación en los análisis a realizarse, acorde a US Standard Methods y Espectrofotometría uv-vis, utilizando el equipo Espectrofotómetro Pharo 100 Merck.

2.4. MATERIALES.

2.4.1. Reactivos.

- Fenolftaleína.
- Agua destilada.
- Reactivo O2-1K.
- Reactivo O2-2K.
- Reactivo O2-3K.
- Perlas de vidrio.
- Ácido Clorhídrico (HCl).
- Anaranjado de metilo.
- Alcohol potable.
- Cromato de potasio.
- Nitrato de plata (AgNO_3).
- Hidróxido de sodio $\text{Na}(\text{OH})$.

- Cloruro de Bario (BaCl_2).
- Reactivo P-1A.
- Reactivo P-2A.
- Solución A para DQO.
- Solución B para DQO.
- M-FC Coliform Broth MHA000P2F.
- Medio de dilución Buffer tampón.
- M-Endo Total Coliform Broth MHA000P2E.

2.4.2. Equipos.

- Potenciómetro.
- Balanza analítica.
- Espectrofotómetro Pharo 100 Merck.
- Termorreactor.
- Ultrameter II.
- Sensor electrónico OXITOP.
- Congelador.
- Membranas filtrantes de $0.45\mu\text{m}$.
- Sistema de vacío.
- Incubador MASCC002103.
- Contador de colonias MASCC002C02.
- Cabina de seguridad biológica.
- Turbidímetro.
- GPS.
- Bomba de oxígeno.
- Equipo de filtración por vacío.
- Mufla 550°C .
- Estufa $103\text{-}105^\circ\text{C}$.
- Desecador.

2.4.3. Materiales.

- Mechero de bunsen.
- Vaso de precipitación.
- Tirillas indicadoras.
- Cubetas de vidrio.
- Soporte para cubetas.
- Frascos de reacción oxígeno.
- Probeta de vidrio 100cm³.
- Buretas digitales.
- Erlenmeyer de 250ml.
- Pipetas Volumétricas digitales de 1, 5,10cm³.
- Papel filtro.
- Tubos de ensayo con rapa roscada.
- Botella ámbar 500cm³.
- Beaker de caucho.
- Barra del agitador magnético.
- Pipetas estériles de 10ml.
- Aza de siembra.
- Pinzas estériles.
- Caja petri.
- Pinzas.
- Embudo.
- Botella de vidrio 250ml, 500ml.
- Porta embudo.
- Capsula de porcelana.
- Soporte de filtro con Embudo.
- Botellas de vidrio con tapas estériles 100ml, 250ml, 500ml.
- Termómetro.

2.4.4. Otros materiales.

- Recipientes de plásticos de 1 lt.
- Galones plásticos de 5 lt.
- Mangueras.
- Envases para el muestreo.
- Conservadora con hielo o refrigerantes.
- Pecera.

2.5. MUESTRAS.

2.5.1. Unidad de Análisis.

Se seleccionó un área, de dónde se recolectó 1 lt de una muestra compuesta por 3 puntos del estero Huaylá, cada punto a una distancia uno del otro de aproximadamente 200 metros, y a una distancia de 40 metros del muelle y además se tomaron dos réplicas para la determinación de parámetros microbiológicos y físico-químicos.

Por otra parte se tomó agua para utilizarla como “control” de la Isla Santa Clara, por ser un agua sin intervención humana.

2.5.2. Recolección de Muestras

Se tomó dos réplicas de muestra de agua compuesta en el estero Huaylá, tomando en cuenta los procedimientos establecidos adecuados y se obtuvieron organismos larvas de camarón de un laboratorio para la realización de los bioensayos de toxicidad.

Figura 5. Puntos de muestreo de Agua Estero Huaylá.



Fuente: Google Earth, 2015.

2.5.3. Toma de muestra de organismos Larvas de camarón

Las muestras con las que se realizó los bioensayos son *Litopenaeus vannamei*, estas larvas se obtuvieron por donación de un laboratorio localizado en la ciudad de Machala y fueron trasladadas con agua de mar y oxígeno puro al Laboratorio de la Universidad Técnica de Machala de la Unidad Académica de Ciencias Químicas y de la Salud. (Ver Anexo 2).

2.6. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO, TRANSPORTE Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS DE AGUAS.

2.6.1. Procedimiento de Muestreo.

2.6.1.1. Información requerida.

Al momento de muestreo se siguieron los siguientes pasos:

- Se identificó la muestra con su respectivo nombre y el sitio de muestreo, las características que presenta y sus condiciones (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 2011).

Tabla 5. Ubicación de muestreo de agua para análisis físico- químico, microbiológico en estero Huayla de la Provincia de El Oro.

			Coordenadas UTM	
			X	Y
Localidad	Parroquia	n		
Estero Huayla	Machala	P1	3°15'40.09''	79°59'20.54''
		P2	3°16'08.12''	79°59'40.57''
		P3	3°16'24.51''	80°00'05.03''

Fuente: Jara, 2015

La información de la localización del área de estudio y toma de muestra se registró en una planilla presentada a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 6. Planilla de Registro de Estero Huaylá

PLANILLA DE REGISTRO DE ESTERO HUAYLA	
Identificación de la muestra.	Estero Huaylá.
Tipo de fuente y características de la misma.	Estero.
Destino.	Preservación de la vida acuática.
Información acerca del lugar de muestreo.	Utilizado como desagüe del Sur de la Ciudad de Machala, ubicado en el Puerto Bolívar.
Condiciones de muestreo.	Fecha: 9 de Marzo 2015 Hora: 06:30
Nombre de quien realizó el muestreo.	Priscilla Gisella Jara Valle.
Tipo de análisis a efectuar.	Físico-Químico y/o Microbiológico.
Reactivo empleado para su preservación, en caso de ser utilizado.	Ninguno.

Fuente: Jara, 2015

2.6.1.2. Toma de muestra para análisis físico-químico

Los pasos que se realizó para la toma de muestra son los siguientes:

- Los frascos ámbar se enjugaron 2 a 3 veces con la fuente de agua que se iba a muestrear, desechando el agua de enjuague (Norma Técnica Ecuatorina INEN 2169, 1998).
- Luego se recogió la muestra sin dejar cámara de aire a una profundidad de 20 centímetros.
- Se cerró el envase y se guardó la muestra en una hielera. (Ver Anexo 3)

2.6.1.3. Toma de muestra para análisis microbiológico

Las muestras se tomaron de la siguiente manera:

- Se prestó atención a mantener una adecuada toma del agua para evitar la contaminación accidental de la muestra (Norma Técnica Ecuatorina INEN 2169, 1998).
- Utilizando frascos ámbar esterilizados evitando todo contacto de los dedos con la boca e interior del mismo sosteniendo la tapa de manera que ésta mire para abajo.
- Luego se llenó el frasco dejando una cámara de aire manteniendo el frasco inclinado a 45° para evitar la introducción de partículas externas, se tapó inmediatamente asegurando un cierre perfecto. (Ver Anexo 4)

2.6.2. Acondicionado y Transporte de la Muestra

Una vez que las muestras fueran recolectadas, se procedió a procesarlas y rotularlas para los análisis respectivos. Fueron colocadas en una hielera con refrigerantes para su preservación (Ver Anexo 5). Las muestras fueron colectadas en frascos ámbar de capacidad de 1 litro. Las muestras fueron trasladadas al Laboratorio de Aguas & Crudos y Laboratorio de

Microbiología A&G de la empresa LA FABRIL S.A en la ciudad de Manta para realizarle los análisis de agua detallados a continuación.

Tabla 7. Parámetros Muestreados

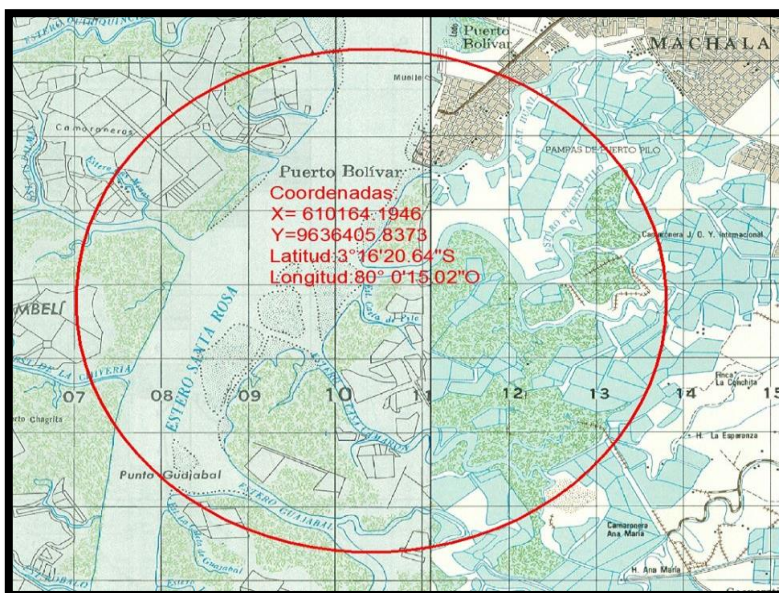
PARÁMETROS	EXPRESADOS COMO	UNIDAD
Potencial Hidrógeno	pH	-
Conductividad	Cond.	µs
Oxígeno Disuelto	OD	mg.lt ⁻¹
Turbidez	-	NTU
Sólidos Disueltos Totales	SDT	mg.lt ⁻¹
Sólidos en Suspensión	SS	mg.lt ⁻¹
Sólidos Totales	ST	mg.lt ⁻¹
Cloruros	Cl ⁻¹	mg.lt ⁻¹
Carbonatos	CO ₃ ⁻²	mg.lt ⁻¹
Bicarbonatos	HCO ₃ ⁻	mg.lt ⁻¹
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg.lt ⁻¹
Alcalinidad	-	mg.lt ⁻¹
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO	mg.lt ⁻¹
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg.lt ⁻¹
Fósforo Total	P	mg.lt ⁻¹
Coliformes Fecales	-	UFC/100ml
Escherichia Coli	-	-
Coliformes Totales	-	UFC/100ml

Fuente: Jara, 2015

2.7. PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS DEL AGUA DEL ESTERO HUAYLÁ (ZONA APARENTEMENTE CONTAMINADA)

A continuación se expone una breve explicación de los métodos utilizados para la ejecución de los análisis incluidos.

Figura 6. Vista geográfica del área de muestreo de Puerto Bolívar (Estero Huaylá).



Fuente: Google Earth 2014

2.7.1. Determinaciones Físico-Químicas

2.7.1.1. Determinación de pH (SM4500-H)

Se utilizó un potenciómetro certificado, en la muestra analizada se introdujo el electrodo y se realizó la lectura digitalmente y se reportó el valor obtenido, previo a cada lectura el electrodo es lavado con agua destilada. (Ver Anexo 6)

2.7.1.2. Determinación de Conductividad (ULTRAMETER II)

Se tomó una muestra de agua y se realizaron diluciones 1 en 3, se colocó en el equipo ULTRAMETER II debidamente calibrado se oprimió la tecla COND y se realizó la lectura, se reportó el valor obtenido. (Ver Anexo 7)

2.7.1.3. Determinación de Oxígeno Disuelto (ESPECTOFOTOMÉTRICO)

Se llenó completamente sin burbujas de aire la cubeta con la muestra de agua, se colocó en el soporte para cubetas, se añadió una perla de vidrio y se agregó 5 gotas de O2-1K; 5 gotas de O2-2K, se cerró con la tapa roscada y se agitó durante 10 segundos.

Luego se agregó 10 gotas de O2-3K, se cerró la cubeta, se mezcló y se limpió el exterior. Se colocó la cubeta en el compartimiento para cubetas con la línea vertical frente al observador. (Ver Anexo 8). Seleccionamos el número de método, proceder a leer el resultado en mg/l.

2.7.1.4. Determinación de Turbidez (TURBIDIMETRO)

Se Conectó el instrumento, se enjuagó una cubeta 3 veces con la muestra a medir. Se llenó la cubeta con la muestra y se cerró con la tapa de protección contra la luz, asegurándonos que la cubeta este seca, limpia y sin huella dactilares. Se colocó la cubeta, manteniendo la tecla indicada oprimida, y observamos el valor indicado. (Ver Anexo 9)

2.7.1.5. Determinación de Sólidos Disueltos Totales (MYRON L COMPANY)

Se tomó una muestra de agua y se realizó diluciones 1 en 3, se colocó en el equipo ULTRAMETER II debidamente calibrado, se oprimió la tecla TDS y se realizó la lectura, se reportó el valor obtenido. (Ver Anexo 10)

2.7.1.6. Determinación de Sólidos en Suspensión (ESPECTOFOTOMETRICO)

Se colocó en una cubeta una muestra de agua preparada y se llevó al fotómetro, se realizó la lectura en mg/lit. (Ver Anexo 11)

2.7.1.7. Determinación de Sólidos Totales

Se tomó como la suma de los resultados entre los sólidos suspendidos y sólidos totales disueltos, obteniendo un valor en mg/lit.

2.7.1.8. Determinación de Sólidos Suspendidos Totales (Método Gravimétrico)

Se preparó el papel filtro a utilizar, enjuagándolo con agua destilada y secándolo en la estufa a 103-105°C por 1 hora; una vez preparado el papel filtro se procedió a la determinación de SST.

Se pesó el papel antes de utilizarlo, se colocó en el embudo de filtración y se tomó un volumen de 250 ml de muestra de agua homogenizada y se vertió por el embudo de filtración. Se removió el filtro y se colocó en un soporte de porcelana y se lo llevo a la estufa por una hora a temperatura de 103-105°C, se enfrió y se pesó. Luego se colocó en la mufla a 550°C durante una hora, se enfrió y se pesó. (Ver Anexo 12)

2.7.1.9. Determinación de Cloruros (SM 4500 Cl-B)

Se tomó una muestra de agua y diluyo hasta 100ml con un pH comprendido entre 7 y 10 a la que previamente se le adicionó una solución indicadora de cromato potásico, se valoró con nitrato de plata. En una solución neutra o ligeramente alcalina, el cromato potásico puede

indicar el punto final de la titulación de Cl^- con nitrato de plata por precipitación del cloruro de plata antes de formarse el cromato de plata rojo. (Ver Anexo 13)

2.7.1.10. Determinación de Carbonatos y Bicarbonatos (SM 2320 B)

Se realizó la valoración de una muestra de agua con ácido clorhídrico hasta pH 8,3 (Alcalinidad a la fenolftaleína) y pH 4,5 (Alcalinidad total). A partir de estos datos y mediante cálculos sobre una base estequiométrica, se obtuvieron las concentraciones de los iones carbonatos y bicarbonatos presentes. (Ver Anexo 14)

2.7.1.11. Determinación de Sulfatos (EPA 375.4, APHA 4500- SO_4^{2-} E)

Pipetear en una cubeta con tapa roscada 5 ml de muestra preparada y se mezcló, se agregó una microcuchara de reactivo SO_4^{1-k} , se agitó vigorosamente hasta que el reactivo se haya disuelto. Se dejó en reposo 2 minutos luego se midió en el fotómetro. (Ver Anexo 15)

2.7.1.12. Determinación de Alcalinidad (AOCS Da-4^a-48)

Está representada por sus contenidos en carbonatos y bicarbonatos. Como indicadores de estos puntos se utilizaron 3 gotas de anaranjado de metilo como indicador. Titulando con HCl 0.1N hasta cambio de color anaranjado del indicador a anaranjado rojizo que indicó el punto final de la titulación. (Ver Anexo 16)

2.7.1.13. Determinación de DBO (RESPIROMETRICO(OXITOP)- SM, EDISION 17)

Se ubicó el volumen de muestra dentro de la botella, colocando la barra de agitador dentro de la botella y se colocó de 2 a 5 perlas de Na (OH) en un beaker de caucho; colocando con

cuidado en la boca de la botella. Se tapó las botellas con el sensor y se colocó sobre el sistema de agitación.

Presionar las teclas M y S del sensor OXITOP para activar el registro, luego de ser activado se grabara cada 24 horas el 5 días para consultar DBO, presione la tecla M y la pantalla se iluminara mostrando el resultado. (Ver Anexo 17)

2.7.1.14. Determinación de DQO (EPA 410.4, SM 5220D e ISO 6060)

Para rango de 26 a 1500mg/lt, se realizó dilución 1 en 4, se añadió 0.3 de Solución A y 2.3 Solución B, cerrando firmemente con tapa rosca y mezclar. Se calentó la cubeta en el termorreactor durante 2 horas a 148°C, se retiró la cubeta y dejó enfriar durante 10 minutos y se agitó, se dejó enfriar a temperatura ambiente. Se colocó la cubeta en el compartimiento para cubetas y se realizó la lectura. (Ver Anexo 18)

2.7.1.15. Determinación de Fósforo Total (ESPECTOFOTOMETRICO)

Se Pipeteó 1 ml de muestra de agua preparada en una agua de cubeta, añadir 1 dosis de P-1K cerrar firmemente la cubeta y mezclar, se calentó durante 30 minutos a 120°C en el termorreactor precalentado, se dejó enfriar durante 30 minutos.

Se agregó 5 gotas de P-2K, cerrando firmemente la cubeta y mezclando, se agregó 1 dosis de P-3K agitar vigorosamente hasta que el reactivo se haya disuelto. Se dejó en reposo 5 minutos, luego se midió en el fotómetro. (Ver Anexo 19)

2.7.2. Determinaciones Microbiológicas

2.7.2.1. Determinación de Coliformes Fecales (FILTRACIÓN A TRAVÉS DE MEMBRANA SMWW9222D)

Se realizaron diluciones de 10^{-1} 10^{-2} 10^{-3} , se preparó el equipo a utilizar. Se filtró 100 ml de la muestra de agua, y se puso en marcha el sistema de vacío, una vez filtrada toda la muestra se retiró con pinzas estériles la membrana filtrante. Se colocó sobre una placa con la almohadilla absorbente y el caldo m-FC, se colocó la tapa de la placa petri, invirtió e incubó por 24 horas a $44,5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Los coliformes fecales crecen en este medio formando colonias de azul, azul-verdosas. Los resultados se expresan en UFC/100ml. (Ver Anexo 20)

2.7.2.2. Determinación de Escherichia Coli (COLILERT)

Se realizaron diluciones de 10^{-1} 10^{-2} 10^{-3} , se tomó un volumen de 100 ml, se añadió el contenido de un paquete a una muestra de 100 en un recipiente estéril transparente, no fluorescente; se tapó, agitó el recipiente. Se incubó a $35^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas. (Ver Anexo 21)

2.7.2.3. Determinación Coliformes Totales (FILTRACIÓN A TRAVÉS DE MEMBRANA SMWW9222DB)

Se realizaron diluciones de 10^{-1} 10^{-2} 10^{-3} , se tomó un volumen de 100 ml, se filtró 100 ml de la muestra de agua, y se puso en marcha el sistema de vacío, una vez filtrada toda la muestra se retiró con pinzas estériles la membrana filtrante. Se colocó sobre una placa con la almohadilla absorbente y el caldo m-FC, colocando la tapa de la placa petri, se invirtió e incubó por 24 horas a $35 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Los coliformes totales crecen formando colonias de color rojo oscuro con el característico brillo metálico escherichia coli, de color verde-azulado. Los resultados se expresan en UFC/100ml. (Ver Anexo 22)

2.8. BIOENSAYOS DE TOXICIDAD

Las larvas de camarón se obtuvieron comercialmente, fueron trasladados al laboratorio donde se mantuvieron durante una semana en agua con un pH de 7.3 siendo este el valor control utilizado en el tiempo de trabajo. Después de este período de aclimatación se realizaron los bioensayos de toxicidad.

Para determinar la toxicidad de las aguas del estero se llevó a cabo bioensayos letales de 96 h de duración para lo cual se utilizaron recipientes con capacidad de 1 litro las cuales fueron llenadas con 500 ml de agua del estéreo. Se colocaron de 10 a 15 organismos y cada recipiente estuvo separado entre sí.

Posteriormente el seguimiento de muda se llevó de manera individual observando que se inició con una longitud de 5 mm, se realizaron diluciones del 100%, 75%, 50%, 25% y 0% de agua de Estero Huaylá y utilizando Agua de Isla Santa Clara y Agua preparada.

Los organismos que se encontraban en la pecera se alimentaban diariamente y se realizaban recambios de agua debido a que no se tuvo durante los ensayos una filtración del agua. (Ver Anexo 23)

2.8.1. Análisis del Comportamiento

Para conocer el comportamiento y supervivencia de los organismos fueron revisados cada 24 horas, durante 4 días para observar la cantidad de organismos afectados. (Ver Anexo 24)

3. RESULTADOS

3.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS FÍSICO- QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO

Los resultados de los análisis de laboratorio y los límites establecidos por normas se presentan en la siguiente Tabla:

Tabla 8. Análisis Físico- químico del agua de mar del estero Huaylá.

Parámetros	Unidad	Resultado	Criterio de Calidad	
			TULSMA	
			Agua dulce	Agua marina y de estuario
Potencial Hidrógeno	-	6.77	6.5 – 9	6.5 – 9.5
Conductividad	μS/cm	63900	50-100	50000-60000
Oxígeno Disuelto	mg.l ⁻¹	6.0	No < al 80% y < a 6 mg.l ⁻¹	No < al 60% y no < a 5 mg.l ⁻¹
Turbidez	NTU	19.46		
Sólidos Disueltos Totales	mg.l ⁻¹	50760		35000
Sólidos en Suspensión	mg.l ⁻¹	240	100	
Sólidos Totales	mg.l ⁻¹	51020	1600	
Sólidos Suspendidos Totales	mg.l ⁻¹	3.99		
Cloruros	mg.l ⁻¹	16842	10-25	20000
Carbonatos	mg.l ⁻¹	0	-	-
Bicarbonatos	mg.l ⁻¹	107	-	100
Sulfatos	mg.l ⁻¹	3030	2-150	3000
Alcalinidad	mg.l ⁻¹	107	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg.l ⁻¹	1921		30

Continuación, Tabla 8. Análisis Físico- químico del agua de mar del estero Huaylá.

Demanda	Química	de	6532	1-5	250-600
Oxígeno		mg.l ⁻¹			
Fósforo Total		mg.l ⁻¹	0.3	-	0.1

Fuente: Jara, 2015

Tabla 9. Análisis microbiológico del agua de mar del estero Huaylá.

Coliformes Fecales	UFC/100ml	11	-	-
Escherichia Coli	-	+	-	-
Coliformes Totales	UFC/100ml	175	-	-

Fuente: Jara, 2015

3.2. RESULTADOS DE BIOENSAYOS

Los datos obtenidos mediante el análisis físico y químico de las aguas determinó el grado de contaminación del agua del Estero Huaylá.

Realizando bioensayos con agua del Estero Huaylá con un análisis de estudio a diferentes diluciones utilizando agua de control de Isla Santa Clara y una artificialmente preparada de agua, se dejaron durante 4 días sin alimentación ni renovación de agua, observando cada 24 horas su comportamiento.

Tabla 10. Bioensayos de toxicidad letal del agua del Estero Huaylá sobre larvas de camarones de *Litopenaeus vannamei*.

Diluciones realizadas en agua de Estero Huaylá		Número total de organismos expuestos	Tiempo de Organismos expuesto en agua de Estero Huaylá				
			24 horas	48 horas	72 horas	96 horas	Supervivencia
100	P1	10	10	8	7	4	
	P2	10	10	9	6	5	
	P3	10	10	9	8	4	13
75	P1	10	10	7	7	6	
	P2	10	10	9	6	5	
	P3	10	10	9	9	5	16
50	P1	10	10	9	8	6	
	P2	10	10	10	9	7	
	P3	10	10	8	5	5	18
25	P1	10	9	9	8	7	
	P2	10	10	10	9	8	
	P3	10	10	7	7	4	19
Control		10	10	10	10	10	
		10	10	10	9	9	
		10	10	10	10	10	29

Fuente: Jara, 2015

3.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LC50

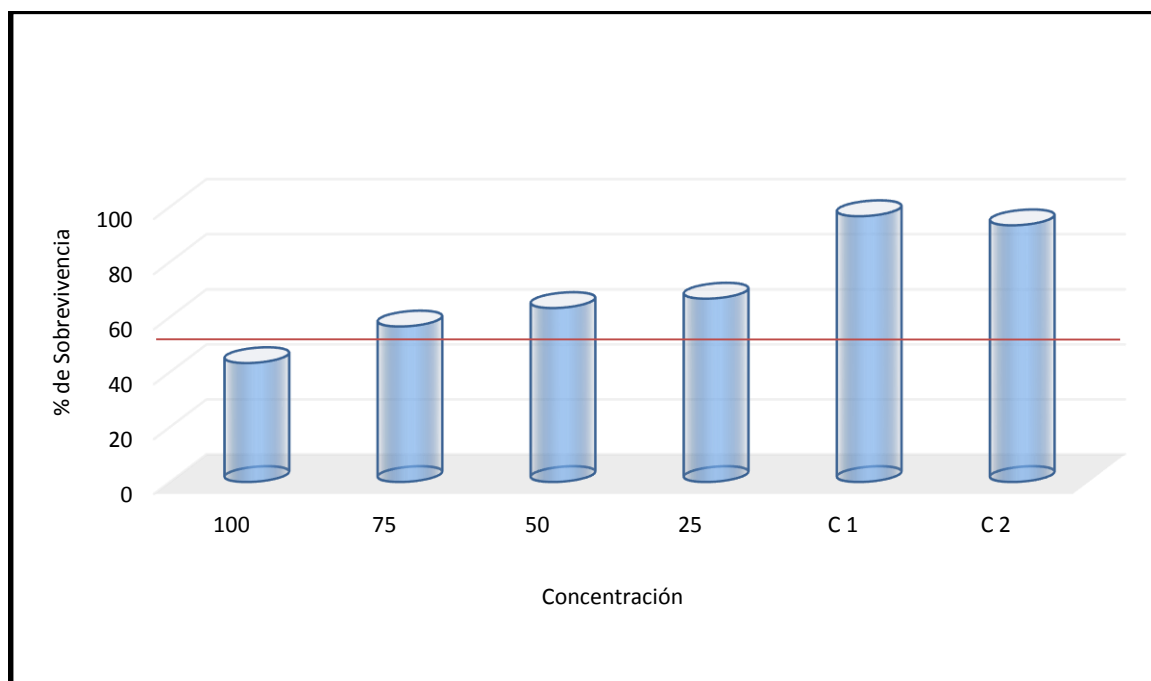
Se determinó la mortalidad mediante el programa Probit para determinar el LC50.

Tabla 11. Determinación de LC50 de diferentes diluciones del agua del estero Huayla sobre larvas de *Litopenaeus vannamei*

Resultados calculados usando el programa Probit			
Concentración	Números de Organismos expuestos	Número de organismos muertos	Porcentaje de mortalidad
100	30	17	56,7
75	30	14	46,7
50	30	12	40,0
25	30	11	36,7
Control Isla Santa Clara	30	0	0
Control Instan Ocean	30	0	0
95% de confiabilidad			
slope	1,25	0,61	1,89
LC50	80,88	53,27	170,08
LC1	1,11	0,02	4,25

Fuente: Jara, 2015

Gráfica 1. Sobrevivencia de larvas de camarones de *Litopenaeus Vannamei* expuestos a agua del Estero Huaylá.



Fuente: Jara, 2015

3.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados Físico-Químicos y Microbiológicos se presentan en la Tabla 7 de acuerdo al análisis realizado la elevada cantidad de sólidos totales disueltos en el agua del estero Huaylá se debe a los diversos productos disueltos en el agua que provienen de descargas domésticas, agrícolas e industriales o de la erosión del suelo. Los principales son cloruros, sulfatos, nitratos y carbonatos. También desechos ácidos, alcalinos (utilizados en el proceso de limpieza de Empresas de descabezado principalmente de camarón) y gases tóxicos disueltos en el agua como los óxidos de azufre, de nitrógeno, amoníaco, cloro y sulfuro de hidrógeno (ácido sulfhídrico). Gran parte de estos contaminantes son liberados directamente a la atmósfera y bajan arrastrados por la lluvia. Esta lluvia ácida, tiene efectos nocivos que pueden observarse en la vegetación y no crecimiento de especies marinas.

Se considera el límite máximo permisible para protección de la vida acuática 30 mg/lit de DBO₅ y los valores obtenidos en el análisis es superior lo que indica contaminación.

Otro contaminante detectado frecuentemente en los cuerpos de agua son los fosfatos provenientes de los compuestos de fósforo, que se aplican como fertilizante en zonas agrícolas. Se considera que el límite máximo es 0.1 mg/l, y la concentración de fósforo total fue superior a este valor.

En el acuerdo por el que se establecen los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (CE-CCA-001/89) se indica que los fosfatos totales, medidos como fósforo, no deberán exceder.

En los análisis físicos químicos realizados nos presentan que el agua está contaminada a consideración de los parámetros microbiológicos, y parámetros químicos elevados.

A partir de los resultados presentados en la Tabla 9 obtenidos de los bioensayos se realiza el Gráfico 1 presentando los valores obtenidos del Método Probit, a partir de los ensayos letales de agua de mar del estero Huaylá sobre larvas de camarón determinaron un LC₅₀ de 80,88, lo que significa que a esta dilución del agua, muere el 50% de la población de larvas de camarones, poniendo en riesgo la vida acuática.

En este estudio se obtuvieron valores superiores a los establecidos, lo que determina que el agua está contaminada a consideración de los parámetros microbiológicos y parámetros químicos.

En el país los trabajos sobre bioensayos y pruebas de toxicidad aguda son escasos. Estos resultados se los puede comparar con los encontrados por Córdova, S., Gaete, H., Aránguiz, F., Figueroa, R., 2013, en una investigación realizada en Chile para estimar la calidad de las aguas del estero Limache, utilizando indicadores acuáticos e implementando bioensayos, que obtuvieron incremento en las concentraciones de algunos parámetros físicos y químicos.

Obteniendo resultados de 13° y 27,5°C de temperatura; una DBO5 en un rango de 1,9 y 4,0 mg L-1; fósforo entre 0,2 y 2,4 mg L-1 y la conductividad de 240 y 630 $\mu\text{S cm}^{-1}$. El cambio de los parámetros físicos-químicos puede estar relacionadas con los efluentes que recibe cerca del estero, principalmente parámetros como la conductividad y el fósforo, los resultados de esta investigación son comparados con la Norma Chilena, señalando que las variables físicas-químicas como: pH, OD y Sólidos disueltos totales son aceptables dentro de la calidad ambiental para la protección de aguas continentales (CONAMA, 2004). Los resultados presentados de fósforo total no están considerados por la Norma Chilena por lo que no se pudo realizar una comparación.

Al realizar los bioensayos utilizando agua potencialmente contaminada del estero ubicado en Chile se observó una disminución de la tasa de crecimiento de *P. subcapitata*, presentando un rango entre 30 y 29% en relación al control.

Comparando con la investigación realizada por Chacón, M., Villamarín, S., Álvarez, R. realizando Pruebas de Toxicidad aguda Cl (I) 50 en camarones Marinos (*Litopenaeus schmitti* Y *L. vannamei*) utilizando efluentes Industriales a la Bahía de Cartagena, Colombia, se pudo obtener índices elevados de sus efluentes, en un rango de 9,5-12,0 para pH; temperatura de 29o-31o y salinidad de 10-24 ups para el efluente Casimiro; de 11,2-12 en pH, de 27o-31° en temperatura y de 80-92 ups en salinidad. Obteniendo como resultado de los bioensayos durante 48, 72 y 96 horas, sin incluir las de 24 horas por no alcanzarse el 50% de mortalidad.

Realizando las comparaciones con los resultados obtenidos del presente trabajo y con investigaciones realizadas, se pudo constatar el incremento de los parámetros físico- químico y microbiológico en aguas de mar con efluentes y el efecto que tiene sobre la biota marina.

4. CONCLUSIONES

La presente investigación recoge las siguientes conclusiones:

- Respecto a los análisis físico-químicos realizados, se reporta en muchos de los casos parámetros de valores sobre lo establecido por los límites máximos permisibles. Es así que, la DBO5 y DQO, fueron de 1900 mg/L y 6500 mg/L respectivamente, no solo superando la norma ecuatoriana establecida, sino que también son altos si se los compara con la media para Agua Residual Doméstica. El presente trabajo entonces reporta al agua del estero Huaylá como agua con un estado de contaminación elevado y alarmante. En otro caso, la concentración de OD está cerca del límite permisible de 6 mg/L, estado preocupante, ya que de esto depende la vida acuática aerobia.
- Referente a los bioensayos realizados, dónde se observa la mortalidad cada 24 horas hasta 96 h. Los resultados mostraron que diluciones entre 50% y 100% del agua del estero Huaylá causan una mortalidad significativamente alta ($p < 0,05$) en relación a la localidad control y al control con agua de mar sintética. La mortalidad para estas diluciones estuvo comprendida entre 53% y 62%. Esto permite concluir que la contaminación en el estero Huaylá afecta la sobrevivencia de la especie autóctona, *P. vannamei* y podría estar afectando la sobrevivencia de otros organismos, y si las descargas residuales continúan la biodiversidad y abundancia que caracterizan los sistemas de manglares estarán en riesgo.
- Los bioensayos de toxicidad demostraron que los organismos de *P. vannamei*, son sensibles al agua del Estero Huaylá expuestos en un periodo de 96 h, por lo tanto, se recomienda realizar estudios con esta especie, y utilizarla como herramienta para la evaluación de riesgos ambientales y como indicador de la calidad del agua.
- Al realizar una comparación de toxicidad del agua utilizada proveniente del Estero Huaylá, y como control agua de mar de la Isla Santa Clara y de mar salina obtenida de

Instan Ocean, se determinó mediante bioensayos y análisis que el agua del Estero Huaylá tiene mayor toxicidad, por lo que causa una mortalidad a los ejemplares en comparación a las aguas utilizadas como control, no así el agua de la Isla Santa Clara.

5. RECOMENDACIONES

A partir de los resultados obtenidos, se realizan las siguientes conclusiones:

- Realizar estudios técnicos acerca de las causas puntuales de contaminación en todo el estero, para posteriormente realizar diseños de sistemas tendientes a abatir y controlar la carga contaminante que normalmente se descarga al estero.
- Determinar planes de monitoreo continuo en el estero y otros sitios probablemente afectados por la contaminación causada por la población de Machala.
- Realizar estudios similares en otros sitios de descarga de Aguas Residuales Domésticas tanto en la ciudad de Machala, como en otras ciudades de la Provincia de El Oro.
- Hacer públicos los datos encontrados en la presente investigación, dado que los resultados son preocupantes y de interés público, esto a fin de que se tomen las respectivas medidas por parte de las autoridades y comunidad.

6. CITAS Y BIBLIOGRAFIA

- Aguilar, P., Ballesteros, M., Jàcome, R. (s.f.). *“Cartilla de Operación y Mantenimiento de Agua Potable con Capacitación Superficial”*. Quito, Ecuador.
- Boltovskoy, E. (1967). Indicadores biológicos en la oceanografía. *Cienc. Inv. (Bs. As.)*, 23 (2): 66 - 75.
- Buikema, A., Niederlehner, B., y Cairns, J. (1982). Biological monitoring. *Part IV. Toxicity testing. Water Res.*, 16: 239 - 262.
- Cairns, J. y McCormick, P. (1992). eveloping an ecosystem-based capability for ecological risk assessments. . *The Environmental Professional*, 14:186 - 196.
- Cauich, M. (2012). *Determinación del Efecto de la Acidificación Acuática en camarones penidos asociada al cambio climático en lagunas costeras mediante la alteración en la captación de calcio. Tesis de Grado Maestra en Ciencias UNAM POSGRADO*. Mexico.
- Chang, J. (2007). *Calidad de Agua*. Guayaquil, Ecuador.
- Consejo de Europa. (s.f.). *Carta del Agua de 1968*.
- Copesa. (2010). *Contaminación Recursos Naturales y Actividades Económicas*. Chile.
- Cruz, F. (2014). El estero Huaylá en El Oro muere lentamente, urge la protección del sitio. *El Telegrafo*, pág. 39.
- Cruz, F. (2015). El estero Huaylá agoniza lentamente por la contaminación. *El Telègrafo*.
- EPA. (1985). Methods for Measuring the Acute Toxicity of Effluents to freshwater and marine Organisms. *Enviromental Protection Agency*.
- Franco, F. (2014). *La Calidad del Agua y su Control*. Universidad Nacional de Colombia. Bogota D.C, Colombia.
- Gómez, J., Vicente, J. (2012). *Calidad de agua*. Guayaquil.

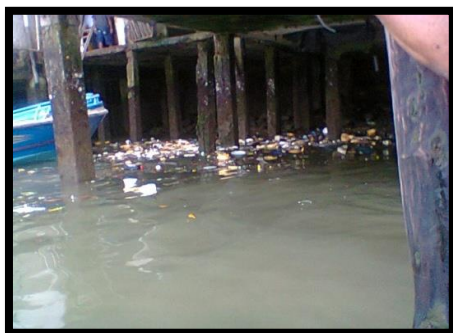
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (2011). *Protocolo de Muestreo, Transporte y Conservación de Muestras de Agua con Fines Múltiples (consumo humano, abrevado animal y riego)*. Argentina.
- Llanos, C. , Monteza, C. , Scotto, C. (2012). DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN LETAL MEDIA (CL50) Y EFICACIA DEL EUGENOL COMO ANESTÉSICO SOBRE *Xiphophorus helleri* (HECKEL, 1848) (CYPRINODONTIFORMES: POECILIDAE). *Rev Inv Vet Perú* , 23 (4): 429-440.
- Lopez, L., Paredes, A., Alcaraz, N., & Gilabert, J. (2010). Análisis de parámetros físicos, químicos y biológicos en las aguas costeras de la región de Murcia. Investigación EUITC.
- Margalef, R. (1983). *Limnología*. Ed. Omega, Barcelona, 1010 pp.
- Menéndez, F. (2009). *Higiene industrial : manual para la formación del especialista*. España: Lex Nova.
- Mora, D. (2009). *Agua*. San José, Costa Rica: Euned.
- Morales, V. y J. Cuéllar-Anjel. (2008). *Guía Técnica - Patología e Inmunología de Camarones Peneidos. Programa CYTED Red II-D Vannamei*. Panamá, Rep. de Panamá.
- Norma Técnica Ecuatorina INEN 2169. (1998). *Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras*. (Primera ed.). Quito- Ecuador.
- Odum, E. (1972). *Ecología*. Nueva Edit. Interam. (3ª Ed.) México, 639pp.
- Pincay, G. (2006). *PROGRAMA DE MANEJO DE RECURSOS COSTEROS*. El Oro Ecuador.
- Ramon, M. (1983). *Limnología. Cuarta Ediciones* (Cuarta ed.). Barcelona: Omega S.A.
- Reish, D., y Oshida P. (1985). *Manual of methods in aquatic environment research. Part 10 - Short-term static bioassays*. *FAO Fish*, 247:62pp.

- Reyes, E. y Quezada, G. (2002). *Operación y mantenimiento de sistemas de agua potable*. Universidad Cuenca, Consorcio CAMAREN. Ecuador.
- Rodriguez, A. (2006). Tratamientos avanzados de Aguas Residuales Industriales. *Informe de vigilancia tecnológica – VT MIOD*, Págs. 10 – 16.
- Romero, J. (2008). Tratamiento de Aguas Residuales. *Teoría y Principios de Diseño*, Pág. 17 – 19.
- Sawyer, C., Mc Carty, L., & Parkin, F. (1994). Química para la Ingeniería Ambiental. *Ed Mc Graw - Hil*.
- Snoeyink, V., & Jenkins, D. (1988). Química del Agua. *Jhon Wiley & Sons -2da Edición*.
- Stainer, R. Y., & Igraham, J. (1986). Mundo de la Microbiología . *Englewood Cliffs, N J. .*
- Standard Methods . (1985). Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water. *American Public Health Association*.
- TELEDPRES S.A. (6 de Mayo de 2015). Persiste la contaminación en el estero Huaylá de Puerto Bolívar. *Diario Opinión*.
- TULAS. (2002). *Libro VI, Anexo 1 Norma de calidad de agua*.
- Varo. (2012). *Estrategia marina. Demarcación Marina del Estrecho y Alborán. Parte I. Marco General. Evaluación inicial y Buen estado Ambiental* . Madrid: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Secretaríl Mina General Técnica. Centro de Publicaciones. Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado.

ANEXOS

ÀREA DE ESTUDIO

Anexo 1. Estero Huaylá



MUESTRAS

Anexo 2. Toma de muestra de organismos Larvas de camarón



PROCEDIMIENTO DE MUESTREO, TRANSPORTE Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS DE AGUAS

Anexo 3. Toma de muestra de agua para análisis físico-químico



Anexo 4. Toma de muestra de agua para análisis microbiológico



Anexo 5. Acondicionado y Transporte de la Muestra



PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS DEL AGUA DEL ESTERO HUAYLÁ (ZONA APARENTEMENTE CONTAMINADA)

➤ Determinaciones Fisicoquímicas

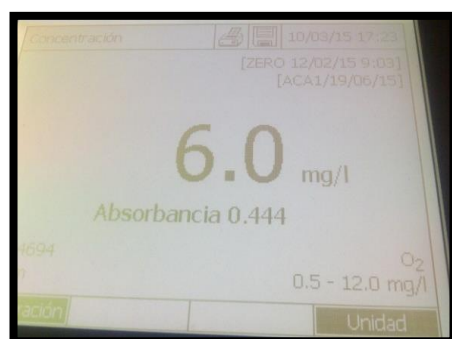
Anexo 6. Determinación de pH



Anexo 7. Determinación de Conductividad



Anexo 8. Determinación de Oxígeno Disuelto



Anexo 9. Determinación de Turbidez



Anexo 10. Determinación de Sólidos Disueltos Totales



Anexo 11. Determinación de Sólidos en Suspensión



Anexo 12. Determinación de Sólidos Suspensos Totales



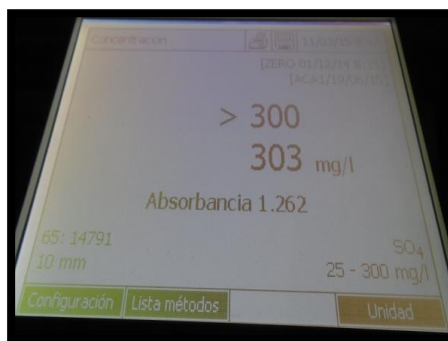
Anexo 13. Determinación de Cloruros



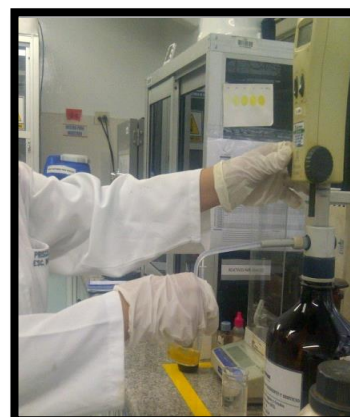
Anexo 14. Determinación de Carbonatos y Bicarbonatos



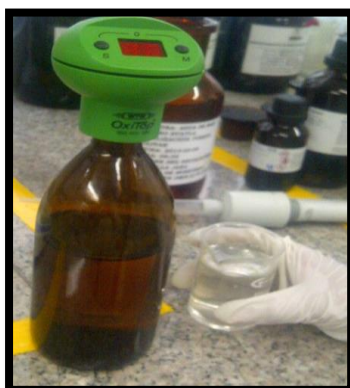
Anexo 15. Determinación de Sulfatos



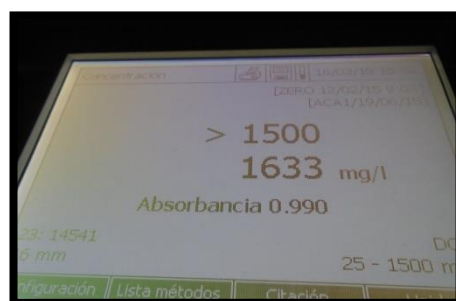
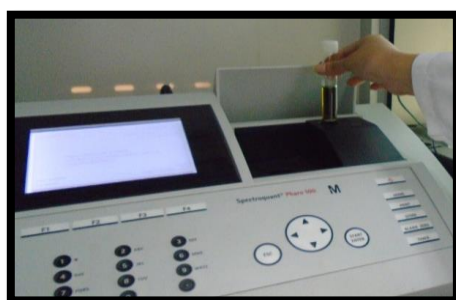
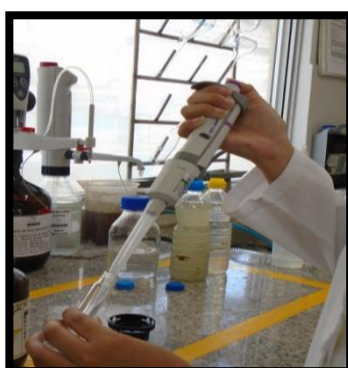
Anexo 16. Determinación de Alcalinidad



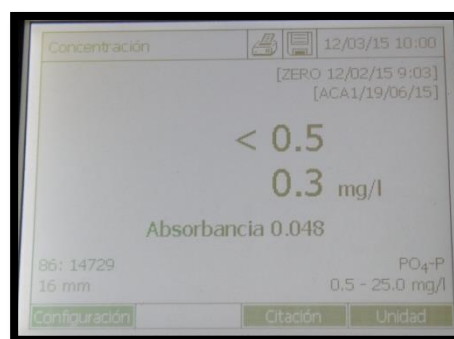
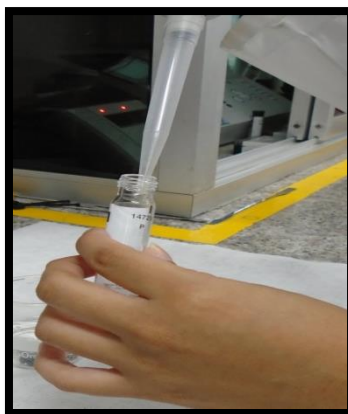
Anexo 17. Determinación de DBO



Anexo 18. Determinación de DQO



Anexo 19. Determinación de Fósforo Total

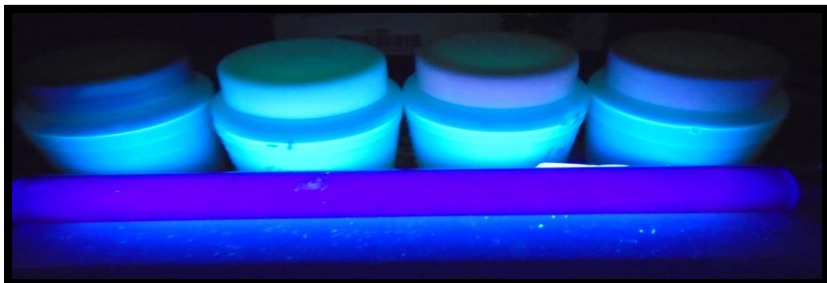


➤ **Determinaciones Microbiológicas**

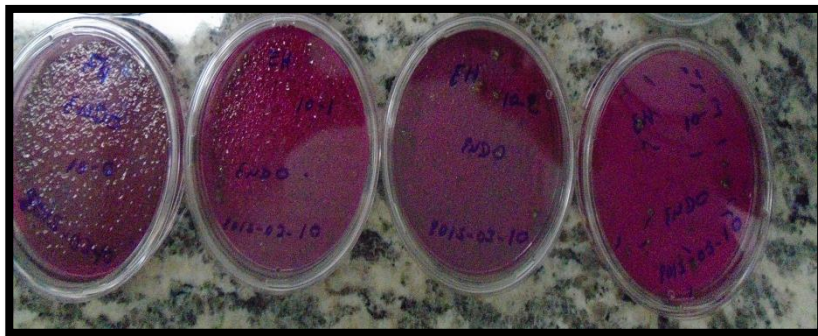
Anexo 20. Determinación de Coliformes Fecales



Anexo 21. Determinación de Escherichia Coli



Anexo 22. Determinación de Coliformes Totales



BIOENSAYOS DE TOXICIDAD

Anexo 23. Bioensayos

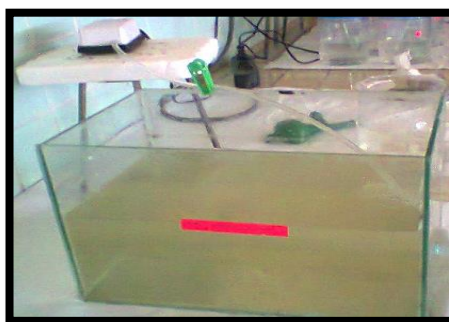
Larvas Litopenaeus
Vannamei



Colocando los organismos en
la pecera



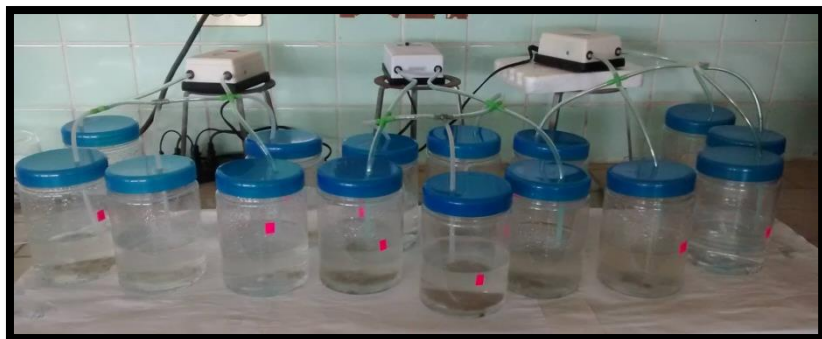
Cuidado y alimentación
de organismos en pecera



Iniciando Bioensayos



Recipientes con organismos y
respectivas diluciones



Anexo 24. Análisis del Comportamiento

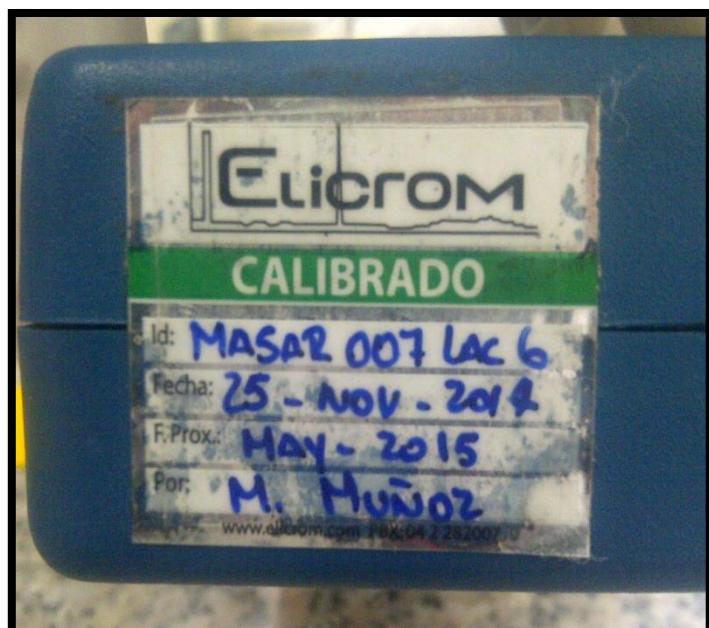


EQUIPOS CALIBRADOS

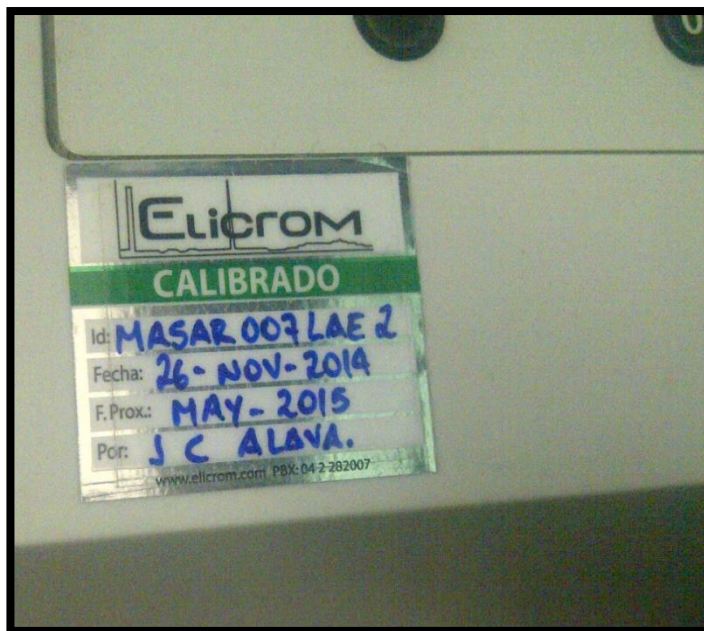
Turbidímetro



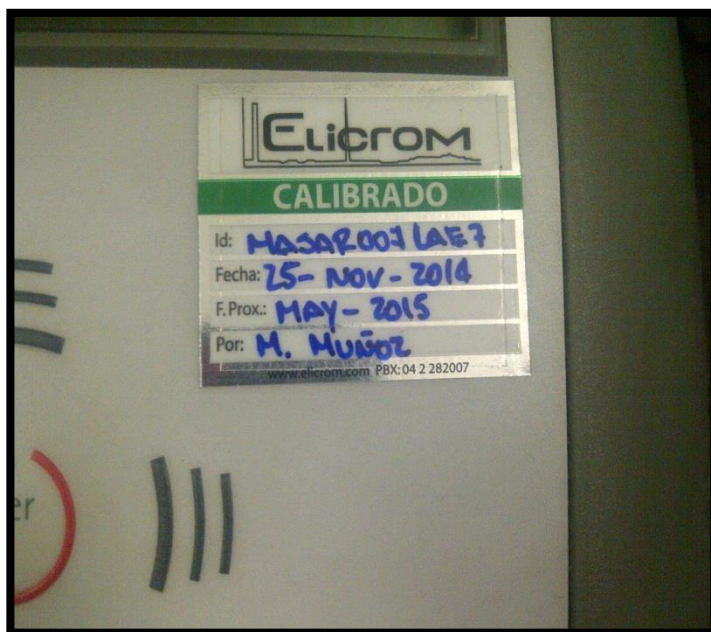
Ultrameter II



Espectrofotómetro Pharo 100 Merck



Termorreactor



Termómetro

