



**UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" DE MANABÍ**

Facultad de Ciencias Agropecuarias  
Carrera Ingeniería en Recursos Naturales y Ambientales

Trabajo de Titulación de Tercer Nivel

Modalidad: Trabajo de investigación

Tema:

**EVALUACIÓN DE LA TOXICIDAD DE EFLUENTES PRINCIPALES DE DESCARGAS, A  
TRAVÉS DE ENSAYOS DE EXPOSICIÓN NO FORZADA: RESPUESTA DE FUGA DE  
*Gambusia sp.***

ESTUDIANTES:

**CHOMPOY FERNANDEZ JHALMAR NARCISO**

**FLORES PICO CARLOS RONALDO**

TUTORA:

**DAYANARA M. MACÍAS MAYORGA PhD**

**MANTA, 2019**

## DERECHOS DE AUTORÍA

Nosotros **Jhalmar Narciso Chompoy Fernández** y **Carlos Ronaldo Flores Pico**, declaramos bajo juramento que el presente trabajo de investigación es de nuestra autoría, mismo que fue realizado en el marco del proyecto institucional *“La ecotoxicología como herramienta de evaluación de la calidad ambiental”* que se realizó desde la Facultad Ciencias Agropecuarias de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, bajo la Dirección de la Dra. Dayanara Macías Mayorga PhD. El presente documento no ha sido presentado para ningún grado o calificación profesional y todas las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento, son de total confiabilidad.

-----  
**Chompoy Fernández Jhalmar Narciso**

-----  
**Flores Pico Carlos Ronaldo**

## **Trabajo de investigación**

“Evaluación de la toxicidad de efluentes principales de descargas, a través de ensayos de exposición no forzada: respuesta de fuga de *Gambusia sp.*”

Sometido a consideración del Honorable Consejo Directivo de la Facultad Ciencias Agropecuarias, como requisito para obtener el título de:

**INGENIERA EN RECURSOS NATURALES Y AMBIENTALES**

---

Ing. Yessenia García Montes M. Sc

**DECANA DE FACULTAD**

---

Dra. Dayanara Macías Mayorga

**TUTORA TRABAJO DE TITULACIÓN**

### **MIEMBROS DEL TRIBUNAL**

-----  
Ing. Xavier Anchundia Muentes  
**Presidente del Tribunal**

-----  
Ing. Juan Manuel De Mera Macías  
**Miembro del Tribunal**

-----  
Ing. Evelyn Zambrano  
**Miembro del Tribunal**

## CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

**Dra. Dayanara Macías Mayorga PhD**, Docente Titular Principal de la Facultad Ciencias Agropecuarias, certifico que **los estudiantes Jhalmar Narciso Chompoy Fernández y Carlos Ronaldo Flores Pico** realizaron el Trabajo de Investigación titulado **“Evaluación de la toxicidad de efluentes principales de descargas, a través de ensayos de exposición no forzada: respuesta de fuga de *Gambusia sp*”**, bajo mi dirección y responsabilidad. Este trabajo fue desarrollado en el marco del proyecto institucional **“La ecotoxicología como herramienta de evaluación de la calidad ambiental”** El mismo ha sido desarrollado previa a la obtención del título de Ingeniería en Recursos Naturales y Ambientales, de acuerdo a la modalidad de Proyecto de Investigación Académico de Tercer Nivel de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí (ULEAM).

-----  
Dra. Dayanara Macías Mayorga PhD

**Directora de Trabajo de Investigación**

## **AGRADECIMIENTOS**

De parte de nosotros agradecemos a nuestros padres, por el apoyo brindado durante este duro camino del estudio, nos llena de satisfacción estar concluyendo una etapa importante de nuestras vidas, no olvidando a los compañeros que estuvieron siempre presentes, en las adversidades que sucedieron durante la etapa universitaria.

A nuestra tutora Dra. Dayanara Macías Mayorga y el Ing. Eduardo Pesantes por la impartición de sus conocimientos y experiencia, que fueron de mucha ayuda para realizar esta investigación, por su dedicación y tiempo para ayudarnos a estar a la altura de la defensa de este proyecto.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado a todas las personas que nos han apoyado, nuestras familias, amigos y docentes más cercanos, en especial este trabajo va dedicado a una persona que hoy ya no está pero que siempre vivirá en el corazón de uno de nosotros, para ella el más considerable respeto y en memoria de aquella alma damos está presente información.

Carlos Ronaldo flores pico y Jhalmar Narciso Chompoy Fernández.

## INDICE

<b>RESUMEN</b>	<b>8</b>
<b>ABSTRAC</b>	<b>9</b>
<b>1. INTRODUCCION</b>	<b>10</b>
<b>1.4 Hipótesis</b>	<b>19</b>
<b>1.5 Objetivos</b>	<b>19</b>
<b>2. METODOLOGIA</b>	<b>20</b>
2.1 Zona de estudio	20
<b>3. RESULTADOS</b>	<b>27</b>
<b>4. DISCUSIÓN</b>	<b>32</b>
<b>5. CONCLUSIONES</b>	<b>36</b>
<b>6. RECOMENDACIONES</b>	<b>37</b>
<b>7. BIBLIOGRAFIA</b>	<b>38</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>40</b>

## RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la toxicidad de efluentes principales de descargas en la zona de Manta, a través de ensayos de exposición no forzada con la especie *Gambusia sp.* Los efluentes evaluados fueron el de la Estación de Bombeo de EPAM, y otro ubicado en la desembocadura del río Burro. Un ensayo de exposición no forzada a través de un sistema multicompartimentado (siete compartimentos) fue realizado por cada efluente. En el caso del efluente de la EPAM este fue diluido obteniendo las siguientes concentraciones porcentuales de exposición: 2,5%, 5%, 10%, 20%, 30%, 40% más un control (0% de efluente). Para el efluente de la desembocadura del río Burro las concentraciones de exposición fueron: 5%, 10%, 25%, 50%, 75%, 100 más un control (0% de efluente). Para escoger las diluciones de exposición un screening (ensayo de exposición aguda) fue realizado para descartar concentraciones que pudieran producirían la muerte de los organismos. Los resultados obtenidos demuestran que ambos efluentes presentan toxicidad a la especie *Gambusia sp.* Sin embargo el efluente de la estación de Bombeo de la EPAM presentó una mayor toxicidad esto evidenciado en la alta respuesta de fuga observada en los organismos desde la primera hora de ensayo. En conclusión, este trabajo sugiere que la respuesta de fuga en la especie *Gambusia sp.*, puede ser utilizada como herramienta para evaluar la toxicidad de los efluentes en la zona de Manta.

## ABSTRAC

The objective of this study was to evaluate the toxicity of the main discharge effluents in the Manta area, through non-forced exposure tests with the species *Gambusia sp.* The effluents evaluated were those of the EPAM Pumping Station, and another located at the mouth of the Burro River. A forced exposure test through a multi-compartment system (seven compartments) was performed for each effluent. In the case of the EPAM effluent, this was diluted obtaining the following percentage concentrations of exposure: 2.5%, 5%, 10%, 20%, 30%, 40% plus one control (0% effluent). For the effluent from the mouth of the Río Burro, exposure concentrations were: 5%, 10%, 25%, 50%, 75%, 100 plus one control (0% effluent). To choose the exposure dilutions, a screening (acute exposure test) was performed to rule out concentrations that could lead to the death of organisms. The results obtained show that both effluents show toxicity to the species *Gambusia sp.* However, the effluent from the Pumping Station of the EPAM presented a higher toxicity, as evidenced by the high leakage response observed in the organisms from the first hour of testing. In conclusion, this work suggests that the leakage response in the species *Gambusia sp.* can be used as a tool to evaluate the toxicity of effluents in the Manta area.

## 1. INTRODUCCION

### 1.1 Marco teórico

Al pasar del tiempo en las últimas décadas, el mundo ha presenciado con preocupación y tratando de dar solución, a los problemas conectados con la disposición de los efluentes líquidos, provenientes del uso doméstico, comercial e industrial de las aguas de abastecimiento. La contaminación del agua es uno de los problemas ambientales que más se presentan en el mundo, es cada vez más agravante.

El deterioro de la calidad del agua se ha convertido en motivo de preocupación a nivel mundial con el crecimiento de la población humana, la expansión de la actividad industrial y agrícola la amenaza del cambio climático como causa de importantes alteraciones en el ciclo hidrológico. (ONU, 2004)

Ecuador es un país ubicado en Latinoamérica, continente donde actualmente se han generado grandes problemas ambientales originados por la actividad antropogénica que se desarrolla en cada país de las diferentes naciones que lo componen, es así que la contaminación de los ríos en Ecuador no es una excepción, misma que está empeorando cada vez más, por lo que se deben desarrollar estrategias que fomenten la reducción del impacto sobre los cuerpos de agua, para así mitigar los problemas que actualmente son causados a los medios acuáticos del país, e implementar nuevas herramientas que ayuden a detectar estos problemas.

La prioridad que se establece en cualquier comunidad en el mundo es la asignación del agua, un servicio básico que brinda líquido vital y es obligación de los organismos encargado de cada nación, emitir agua con calidad adecuada y cantidad suficiente. Sin embargo, al tratar de cumplir estas características queda pendiente la realización de un tratamiento adecuado, una vez que el agua se encuentre alterada por su utilización.

Alrededor del 70%–75% de la contaminación marina global es producto de las actividades humanas que tienen lugar en la superficie terrestre. Un 90% de los contaminantes es transportado por los ríos al mar. Por otro lado, entre un 70% y 80% de la población mundial (aproximadamente 3.6 billones de personas) se ubica en las

costas o cerca de ellas, especialmente en zonas urbanas, donde una parte importante de los desechos que allí se producen se deposita directamente en el océano. Como consecuencia, muchos ecosistemas críticos, algunos únicos en el mundo, tales como bosques de manglar, arrecifes coralinos, lagunas costeras y otros lugares de interface entre la tierra y el mar, han sido alterados más allá de su capacidad de recuperación. (Jairo Escobar, 2002)

Los países de Latinoamérica poseen grandes reservas de agua dulce, siendo estas reconocidas como una de las mayores del mundo, sin embargo, son parte de muchos desafíos respecto al manejo de los recursos hídricos. En Ecuador el manejo de los recursos hídricos los controla el estado, pero el manejo del estado es deficiente, debido a la falta de inversión y estancamiento de obras, además de esto el estado asigna el manejo de aguas residuales a los gobiernos municipales, que de forma general no han podido mitigar o reducir la contaminación del agua en las diferentes provincias.

La OPS (2001) señala que en 1998 menos del 14% de los 600 m<sup>3</sup> /s de aguas residuales domésticas colectadas en América Latina recibían algún tratamiento antes de ser dispuestas en ríos y mares, de las que sólo un 6% alcanzan un tratamiento aceptable. Si a esto se agrega que el 40% de la población urbana de la Región muestra incidencia de enfermedades infecciosas asociadas al agua, estos vertimientos constituyen un importante vector de transmisión de parásitos, bacterias y virus patógenos que demanda urgente atención. (OPS/CEPIS, 2002)

En 1950, aproximadamente 150 millones de habitantes en América Latina vivían en ciudades, cifra que se ha incrementado a más de 360 millones a fines del siglo XX (73,6% de su población total), debido a la intensa migración de la población rural. La creciente presión de esta población sobre los recursos de agua y suelo, en muchos casos, ha desbordado los esfuerzos de los gobiernos por lograr un crecimiento urbano planificado y ha obligado a atender con prioridad solo los servicios de agua potable y alcantarillado. Ello ha dejado rezagado el tratamiento de aguas residuales, así como la disposición de residuos sólidos. (OPS/CEPIS, 2002).

### **1.1.1 Ensayos de exposición no forzada (respuesta de fuga)**

Las pruebas de toxicidad o bioensayos son experimentos en los cuales el potencial de toxicidad de una sustancia es medida a través de la respuesta de organismos vivos o sistemas vivientes. Es decir, son herramientas de diagnóstico adecuadas para determinar el efecto de agentes físicos y químicos sobre organismos de prueba bajo condiciones experimentales específicas y controladas. (Ronco A., 2002)

La respuesta de fuga es una respuesta inmediata de alta relevancia en el equilibrio ecológico del planeta, ya que con sólo contemplar la pérdida de un organismo en un lugar determinado se puede atribuir la causa a un componente extraño que afecte al ecosistema. (Hellou, 2011).

Nuevas investigaciones realizadas han dado un nuevo enfoque a pruebas ecotoxicológicas basado en la exposición no forzada como una herramienta adicional para los estudios de evaluación de riesgos ambientales. La exposición no forzada es el medio por el cual se simula un gradiente de contaminación y se puede evaluar la capacidad de los organismos para detectar diferentes niveles de los contaminantes y por lo tanto escapar de sus posibles efectos tóxicos. (Araujo, y otros, 2016)

Los bioensayos comprenden prueba en la cual un tejido vivo, un organismo o un grupo de organismos son usados como agente para la determinación de la potencia de alguna sustancia fisiológicamente activa de acción desconocida. (Reish, 1987) Por tanto, los estudios ecotoxicológicos mediante bioensayos y pruebas de toxicidad proporcionan información valiosa en el proceso de evaluación de los riesgos ambientales.

Es de conocimiento general, que la calidad ambiental no se puede medir solamente por la identificación de los contaminantes presentes en el medio ambiente y sus concentraciones, sino que también a través de un análisis ecotoxicológico de cómo estos contaminantes pueden afectar los organismos, poblaciones y comunidades de animales. La utilización de herramientas que incluyan respuestas biológicas cada vez más sensibles, que detecten efectos tóxicos a concentraciones más bajas y biológicamente seguras, se hace necesario en los estudios de evaluación de riesgo ambiental. La ausencia de una especie en un ambiente tras un evento de contaminación es de modo general, asociada a la mortalidad de los organismos o a efectos sub-letales, como son la

reducción en el crecimiento, reproducción o alimentación, que a largo plazo, llevan a una reducción o misma desaparición de la especie.

La amenaza de contaminación que actúa como un disruptor ambiental está vinculada a la reducción y / o fragmentación del hábitat y su pérdida de calidad, causando una disminución en la densidad y la viabilidad de las poblaciones, un aumento en la susceptibilidad a los futuros factores de estrés, y los cambios en los patrones de dispersión entre los hábitats vecinos (Ribeiro, 2013. ).

## **1.2 Planteamiento del problema**

Manta cantón de la provincia de Manabí presente en la Republica de Ecuador posee un tipo de agua potable de calidad regular, y el abastecimiento de esta alcanza para la mayoría de sus habitantes, sin embargo ya logrado el objetivo prioritario en este caso para las diferentes comunidades, surge otro problema no menos importante, pero si olvidado que consiste en el tratamiento del agua utilizada diariamente, misma que al perder sus características naturales se convierte en un potencial transporte de muchas enfermedades y desechos orgánicos e inorgánicos, que ocasionan condiciones desfavorables al medio ambiente. Por esto es necesario crear sistemas de alcantarillado correctamente divididos para realizar el correcto tratamiento al líquido ya utilizado, evitando alterar o saturar el ecosistema cercano a las riberas del cuerpo transportador y zonas del cuerpo receptor, como corresponde al área de estudio, zona de transición entre el rio burro y la plataforma costera de la playa de Tarquí.

Las zonas antes mencionadas han sido escogidas estratégicamente para su estudio, ya que su contacto es directo con un cuerpo receptor, mismo que corresponde a la playa de Tarquí, playa pionera en el desarrollo turístico de la ciudad años atrás. Actualmente el sitio tiene gran variedad de problemas ambientales que han ocasionado la reducción del turismo en el lugar y el distanciamiento de la fauna endémica costera del lugar, otro factor impactante es como esta fauna está muriendo lentamente por las constantes enfermedades que estas especies presentan.

La contaminación de un cuerpo de agua se puede generar de diferentes formas y existen varios autores responsables, pero sin duda una de las principales causas de esta problemática en los cuerpos de agua de la ciudad de Manta es el ordenamiento territorial, mismo que no ha respetado límites con la plataforma continental, ni los espacios con los ríos que transportan agua contaminada, un crecimiento acelerado de la población potenció la contaminación en la ciudad y más aún los metros cúbicos de agua que emite la ciudad al mar, actualmente la mayoría de riberas del río Burro son habitadas, siendo estas también territorios donde se emite agua residual sin tratamiento.

Sin embargo, la investigación en el Ecuador es muy limitada, ya que no se da constantemente un seguimiento a las investigaciones que preliminarmente han dado un diagnóstico de la problemática. Manabí por su parte cuenta con un nivel de educación ambiental muy bajo, lo que genera poca importancia por parte de las autoridades a las investigaciones que se realizan en esta provincia, quedando archivadas u olvidadas en los centros educativos, donde los problemas por años siguen aumentando su impacto y consecuencias a la flora, fauna y habitantes de esta provincia.

Manta ha sido uno de los principales destinos de la costa manabita, sin embargo, desde hace años afronta un serio problema: la contaminación de sus playas. Los 12 balnearios que tiene esta ciudad, principalmente los que se encuentran junto al casco urbano, se ven afectados por tres factores: la descarga de aguas servidas domésticas, aguas servidas industriales y un turismo irresponsable. (Willians Zambrano, 2018).

Las descargas de fuentes industriales y domésticas son comunes en todo el país, debido a que no existe un control adecuado por partes de las autoridades y la poca importancia de parte de la población, la cual conlleva a que se contamine los diversos espacios acuáticos causando un alto impacto al ambiente.

Manta se caracteriza por un alto número de efluentes industriales y domésticos que ingresan a sus cuerpos hídricos ya sea directa o indirectamente y sin un tratamiento adecuado, los ríos son los principales medios de captación de estos vertidos que luego son introducidos al mar aumentando así la contaminación costera regional.

Las fuentes terrestres de contaminación de las franjas costeras y el mar deberían ocupar hoy una posición tan destacada en la temática ambiental como la tiene la preocupación por el cambio climático. Sin embargo, en la práctica esto aún no ocurre. La alteración y destrucción del hábitat, los efectos en la salud humana, la eutrofización, la disminución de las poblaciones de peces y otros recursos vivos, cambios en el flujo de sedimentos, son aspectos vinculados a las fuentes fijas y difusas de la contaminación producida por actividades que tienen lugar en tierra y que por el efecto de captación de agua que tienen las cuencas hidrográficas, generan efectos concentrados en las desembocaduras de los ríos en el mar y las zonas costeras aledañas. El caso más importante es el efecto de los contaminantes en las desembocaduras de los ríos Mississippi y Magdalena en el mar del Caribe. (Jairo Escobar, 2002)

Las fuentes puntuales de contaminación en tierra representan aquellas actividades cuyos desechos son vertidos directamente a los cuerpos de agua y el sitio de vertimiento es fácilmente distinguible. Las fuentes no puntuales de contaminación terrestre son conocidas como “fuentes difusas”, se generan por una gama amplia de actividades humanas en la que los contaminantes producidos por ellas, y contenidos en sus descargas, no tienen un punto obvio de entrada a los cuerpos de agua receptoras. Ambas fuentes se suman al llegar a los ríos y todo llega a desembocar en los mares en puntos de alta concentración, peor aún si son bahías cerradas o amplios estuarios como en la bahía de Talcahuano en Chile o la bahía de Chimbote en Perú o en la bahía de Guanabara en Rio de Janeiro. (Jairo Escobar, 2002).

Los problemas ambientales que ha soportado Manta y su entorno natural por décadas, son una deuda de varios gobiernos municipales que han rotado por esta ciudad en constante crecimiento, aquí los problemas más visibles han sido el alcantarillado obsoleto, la contaminación y la carga elevada de aguas residuales que van a parar a varios sectores receptores, donde generalmente las zonas que más han sido afectadas corresponden a las áreas costeras.

Específicamente la parroquia Tarquí ha sido una de las zonas de transición donde se mezcla la actividad comercial y el desplazamiento de aguas pertenecientes a los ríos Burro y Manta, el descontrol de vertientes han provocado que durante años se acumulen agentes contaminantes en estos espacios donde han aparecido diferentes

alteraciones al medio acuático siendo esta problemática criticada siempre por los manteses que desde hace años piden soluciones a este problema, por el cual se han visto afectadas las especies que habitan en las zonas costeras así la población en general.

A lo largo de la historia, las actividades antrópicas han generado una gran variedad de contaminantes, los cuales han ocasionado el deterioro de los distintos compartimentos ambientales, incluyendo el agua, el aire, el suelo y el sedimento, así como de la biota asociada y por ende de los ecosistemas en su conjunto (Ramírez Romero P. & Mendoza, 2008.)

El rio Burro ha sido de los principales cuerpos hídricos afectados en la ciudad, donde se ha visto incrementada la erosión de sus riberas, perdida física del suelo, acidificación de lodos; este rio constantemente moviliza un caudal contaminado durante todo el año, emitiendo malos olores, acción toxica, potencialidad infectiva, modificación física y química del suelo, polución térmica y la eutrofización de masas liquidas.

El desarrollo de cualquier actividad antrópica genera una variedad de impactos y anomalías que se ponen de manifiesto en las condiciones ambientales propias de la zona en el cual se llevan a cabo; sin embargo, se debe tener presente que existen actividades que generan mayor alteración ambiental que otras, comparándose la emisión de un efluente con tratamiento adecuado y uno que no este tratado los niveles de impacto son graves.

Las disposiciones inadecuadas de aguas residuales son comunes en la ciudad, además se puede mencionar la poca información acerca de cuerpos hídricos de la provincia, en varias bases puede decirse que el país debe comenzar aplicando medidas con el fin de mitigar, minimizar o reducir los impactos al entorno natural provenientes de la actividad antrópica e industrial, teniendo consecuencias adversas en la provincia y otras zonas del país.

Las aguas servidas dispuestas en el rio Burro sin ningún tratamiento, ocasionan graves inconvenientes, se pueden observar sedimentos, depósitos de objetos, grasas en cantidad, tensoactivos, papeles y plásticos flotantes y formación de natas que afecta notablemente las características de las corrientes de agua, afectando la flora y la fauna costera de Manta.

La playa de Tarquí era hasta 1982 uno de los sitios de esparcimiento favoritos de los mantenses, porque era una playa tranquila y no peligrosa como El Murciélago. El apareamiento del fenómeno El Niño originaron directa e indirectamente la formación de varias fuentes de contaminación, sumándole el incremento de la población y sistemas colectores y de tratamiento obsoletos. Han transcurrido 24 años y las autoridades poco han hecho por rescatarla. (HORA, 2006)

Cabe destacar que el problema en la actualidad podría considerarse superior a anteriores, estas aguas al contar con cantidades considerables de materia orgánica en descomposición y las elevadas temperaturas generan una significativa evaporación de estos agentes, los olores se intensifican, los lodos tóxicos se sedimentan y en la fauna evidencia una reducción. De acuerdo a datos obtenidos en los análisis de laboratorio el agua del río Burro y la estación de bombeo Tarquí presentan agentes sulfurosos en su composición.

Es evidente la responsabilidad humana, por los impactos ambientales directos e indirectos al medio ambiente, afectando el bienestar de todos los seres vivos que rodean un espacio por donde se traslade contaminación, debido a los impactos ya evidenciados en espacios de ríos temporales de invierno, es así que el diagnóstico a los diferentes componentes del entorno son cada vez más importantes, porque se obtienen datos importantes, mismos que sirven de fuente para la recuperación de zonas contaminadas por el hombre, evitando propagar la contaminación y riesgos a la salud de los seres vivos presentes alrededor de estos espacios.

### **1.3 Justificación**

Es evidente el mal estado en el que se encuentran los cuerpos de agua de la zona de Manta durante más de 20 años. Es por ello, que este estudio, intenta evaluar la toxicidad de efluentes principales de descargas de la ciudad de Manta, a través de ensayos de exposición no forzada a través de la respuesta de fuga de *Gambusia sp.* La implementación de herramientas de evaluación ecotoxicológicas de bajo coste, pueden ser de mucha utilidad para determinar de manera rápida el efecto de la potencial toxicidad de los cuerpos de agua sobre los organismos que los habitan. Una opción que se tornó viable para la evaluación toxicológica de los efluentes escogidos, fue la

utilización de ensayos toxicológicos, la construcción y manejo del sistema es simple, teniendo siempre en cuenta que los organismos a utilizar deben estar presentes en cantidades considerables, es decir tener a disposición siempre a la especie determinada.

#### **1.4 Hipótesis**

La respuesta de fuga de la especie *Gambusia affinis* si puede ser utilizada para evaluar la toxicidad de los efluentes de descarga en la zona de Manta.

#### **1.5 Objetivos**

##### **1.5.1 Objetivo General**

Evaluar la toxicidad de efluentes principales de descargas, a través de ensayos de exposición no forzada con la especie *Gambusia sp.*

##### **1.5.2 Objetivo Específicos**

- Caracterizar muestras de dos efluentes principales de descarga ubicados en la zona de Manta (Desembocadura del río Burro, y Planta de Bombeo de la EPAM).
- Realizar ensayo de exposición no forzada con la especie *Gambusia sp* expuesta a muestra del efluente ubicado en la desembocadura del río Burro.
- Realizar ensayo de exposición no forzada con la especie *Gambusia sp* expuesta a muestra del efluente ubicado en la Planta de Bombeo de la EPAM.
- Determinar si la respuesta de fuga de la especie *Gambusia sp* puede ser utilizada como herramienta de evaluación de la toxicidad de los efluentes en la zona de Manta.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Zona de estudio



**PRESENCIA DE LOS EFLUENTES INTERVENIDOS**

#### Coordenadas.

- *Desembocadura del rio Burro: X 0531484 y Y 9894838 a 2 msnm*
- *Estación de Bombeo de la Epam: X 0531467 y Y 9894422 a 1 msnm*

Los efluentes estación de bombeo de la EPAM y desembocadura principal al rio Burro fueron elegidos como las zonas de estudio para la respectiva evaluación toxicológica. Ubicados en Ecuador, provincia de Manabí, cantón Manta. Las muestras de agua se tomaron en botellas plásticas y se conservaron en refrigeración con la finalidad de no afectar su composición natural, para su respectiva caracterización y su empleo en los ensayos toxicológicos. Para el ensayo de toxicidad el efluente de la estación de bombeo

EPAM fue escogido como Test #1, y el efluente de la desembocadura principal del río Burro el Test #2.

## **2.2 Caracterización de las muestras**

En las muestras de agua procedentes de los efluentes estación de bombeo de la EPAM Y desembocadura principal del río Burro se analizaron parámetros físicos-químicos como pH, salinidad, conductividad (mS), y sólidos totales disueltos (mg/L) a través de una sonda mutiparamétrica JEMWAY modelo 3540. Los sólidos totales en suspensión fueron analizados según el protocolo descrito en el Manual de Prácticas de Análisis y Residuos Líquidos (Marín & Colina 2013). El análisis de metales pesados (mg/L) (Pb, Cu, Hg, Cd, As) se hizo mediante laboratorios certificados para tener un resultamos más óptimo y real.

## **2.3 Organismos**

El *Gambusia affinis*, es un pez pequeño y robusto. La cabeza relativamente grande se aplana en la superficie superior, y la boca pequeña es superior (hacia arriba) y sobresaliente. Los ojos son grandes en relación con el cuerpo. Las aletas dorsales y caudal son redondeadas y no hay una línea lateral visible (ISSG, 2018). Su nombre común es pez mosquito es de la familia de los poecílidos, notable por haber sido introducido en todo el mundo para el control biológico de los mosquitos. Los alevines de *Gambusia sp* fueron obtenidos en el cauce del río Burro cantón en la ciudad de Manta (Manabí-Ecuador). Una vez colectados los organismos fueron llevados al laboratorio para su aclimatación durante una semana antes de iniciar el bioensayo. Los alevines fueron colocados peceras de 40 L. con aireación permanente, con la finalidad de acondicionar el cultivo y estabilizarlo. Los individuos fueron alimentados dos veces al día hasta las 24 horas antes al ensayo. Los organismos utilizados tenían una talla promedio de 3,5 cm aproximadamente.



#### 2.4 Sistema estático de exposición no forzada

Se fabricó un sistema multicompartimentado similar al descrito por Araujo et al. 2014. El sistema está adaptado con siete compartimentos dispuestos entre sí, con una longitud total de 189 cm y un volumen de agua total de 2100 ml. Cada compartimento fue fabricado a base de dos botellas plásticas, cortadas en su base y unidas entre sí con pegamento (Sikaflex-11FC+) (Fig. 1). Para separar cada compartimento al instante de verter las distintas diluciones e impedir que se mezclen antes del ensayo se aplicaron tapones con plastilina no tóxica cubiertos con teflón.

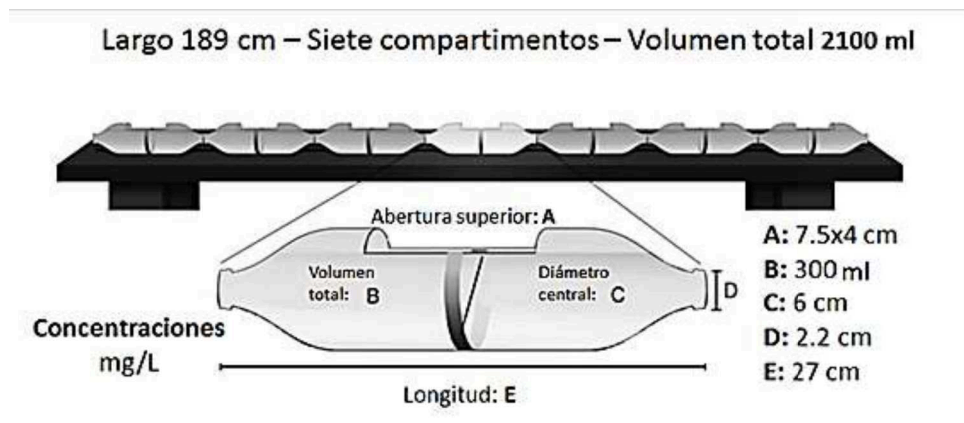


Fig. 1 Sistema multicompartimentado

## 2.5 Calibración del sistema de exposición no forzada

Para calibrar el sistema se creó un gradiente de concentración de sal. Las diluciones fueron preparadas mezclando agua de mar con agua destilada. El gradiente estuvo conformado por seis diluciones (6,25; 12,5; 25; 50; 75; y 100%) más un control (0% de agua de mar). Para comprobar la estabilidad del gradiente se hicieron medidas de conductividad en cada uno de los compartimentos a las 0 y 4 horas. Todo esto para garantizar que el gradiente de concentración en el sistema se conserve durante el tiempo de ensayo.

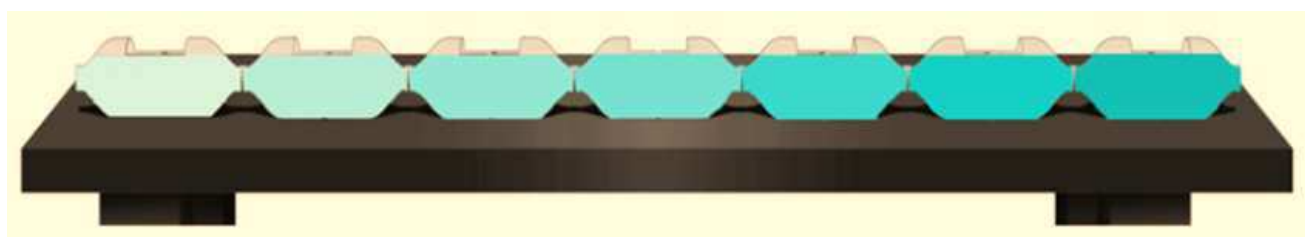


Fig. 2. Gradiente de concentración

## 2.6 Bioensayos

### 2.6.1 Ensayo de distribución

Para verificar que los organismos no revelaran preferencia por algún compartimento específico, se realizó un ensayo de distribución. El sistema de exposición no forzado se usó con agua de cultivo para este ensayo, se distribuyó 5 individuos de *Gambusia sp* en cada compartimento. Se contaron el número de organismos observados en cada compartimento, el ensayo duró 4 horas y se lo realizó por triplicado y en total oscuridad.

### 2.6.2 Screening

Un ensayo de toxicidad aguda se realizó por cada efluente a testar. Con la finalidad de fijar las concentraciones de exposición durante los ensayos de fuga y descartar concentraciones que ocasionaran la muerte de los organismos durante el periodo de evaluación toxicológica. El propósito fue calcular la CL50 (Concentración letal en la que

mueren el 50% de los organismos expuestos). Para esta prueba, cada muestra del efluente fue diluida con agua de bidón en concentraciones porcentuales de (25%, 50%, 75% y 100%). Se emplearon tres organismos por concentración de exposición, el ensayo tuvo una duración de 4 horas y se realizó por triplicado.

### **2.6.3 Ensayos de fuga**

#### **2.6.3.1 Efluente estación de bombeo de EPAM.**

Organismos de *Gambusia sp* fueron expuestos a seis diferentes concentraciones de muestra del efluente (Estación de Bombeo de la EPAM), (2,5%, 5%, 10%, 20%, 30%, 40%) más una de control (0%). El ensayo de fuga fue realizado en el sistema multicompartimentado, tal como lo describe Araujo et al. 2014. Se distribuyeron los tapones de plastilinas en cada compartimento antes de ubicar las diluciones para eludir alguna alteración en el gradiente de contaminación. Instaurado el gradiente se procedió a colocar 5 organismos por compartimento. Un total de 35 organismos por sistema. El experimento de fuga fue realizado por triplicado y el tiempo de exposición fue de 4 horas. El respectivo conteo de los organismos fue realizado cada hora durante las 4 horas que duró el respectivo ensayo. El experimento se llevó a cabo en total oscuridad utilizando luz roja al momento del conteo para no causar ninguna alteración al organismo.

#### **2.6.3.2 Efluente desembocadura principal al río Burro.**

Organismos de *Gambusia sp* fueron expuestos a seis concentraciones diferente de muestra del efluente (Desembocadura principal del río Burro), (5%, 10%, 25%, 50%, 75%, 100%) más una de control (0%). El ensayo de fuga fue realizado en el sistema multicompartimentado, tal como lo describe Araujo et al. 2014. Se distribuyeron los tapones de plastilinas en cada compartimento antes de ubicar las diluciones para eludir alguna alteración en el gradiente de contaminación. Instaurado el gradiente se procedió a colocar 5 organismos por compartimento. Un total de 35 organismos por sistema. El experimento de fuga fue realizado por triplicado y el tiempo de exposición fue de 4

horas. El respectivo conteo de los organismos se lo realizo cada hora durante las 4 horas que duró el respectivo ensayo. Se lo realizo en total oscuridad utilizando luz roja para no causar ninguna alteración al organismo.

## **2.7 Procesamiento de datos**

### **2.7.1 Ensayo de Distribución**

La distribución aleatoria de los organismos en el sistema sin contaminante fue revisada relacionando el número de organismos en cada compartimento después de las 4 horas de exposición. Se empleó un análisis de varianza de una vía (ANOVA).

### **2.7.2 Ensayo de fuga**

En los respectivos ensayos de fuga para el cálculo de organismos fugados en cada compartimento se utilizó la fórmula descrita por Moreira-Santos et al. 2008.

$$\text{Fugados} = (\text{NE} - \text{NO})$$

(NE)= número de organismos esperados,

(NO)= número de organismos observados.

Para calcular la evasión (fuga) en porcentajes (%) se utilizó la fórmula:

$$\text{Porcentaje de Fuga} = (\text{Fugados} / \text{NE}) * 100$$

**NE** es el número de organismos que se espera en cada compartimento, considerando una distribución homogénea de los organismos observados, lo que supone ninguna referencia para cualquier concentración de exposición. Se calculó con el número total de organismos observados dentro de los compartimentos, y dividido entre el número correspondiente al compartimento. Por ejemplo, para la sección más contaminada (#7; 100% de agua del test), el número de organismos que se espera es igual al número total de organismos observados dentro de las secciones #1 a #7 dividido para el número de la sección, en este caso (es decir, 7 ).

**NO** es igual a los organismos observados en cada compartimento, sumados a los demás compartimentos con concentraciones más altas dentro de un mismo sistema.

### **2.7.2 Cálculo de AC50**

Los valores del AC50 (concentración que causa la fuga del 50% de la población) fue calculada por el programa de software PritProbit 1.63 (Sakuma, 1998).

### **2.7.3 Análisis multifactorial en la respuesta de fuga**

Un ANOVA multifactorial fue realizado para determinar si la respuesta de fuga en los organismos estaba relacionada específicamente con la concentración de exposición y no condicionada al tiempo de exposición. El análisis fue realizado con el programa ESTADISTICA.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Caracterización del efluente

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR	TULSMA
Conductividad	us/cm	3340	
Resistividad	$\Omega$ -cm	293	
Oxígeno disuelto	mg/L	1,74	$\geq 60$
Potencial atmosferico	Hpa	1022	
pH	pH	6,99	6.5 – 9.5
Potencial Redox	Mv	-54,4	
Turbidez	NTU	476	
Solidos suspendidos	mg/L	306	250 mg/L
STD	mg/L	1909	1600 mg/l
Dureza	mg/L	6,16	
Sulfatos	mg/L	150	1000 mg/l
Nitratos	mg/L	0,4	50 mg/l
Fosfato	mg/L	6,57	
DQO	mg/L	618	400 mg/l
DBO	mg/L	2781	200 mg/l
Boro (B)	mg/L	0.4477	5.0 mg/L
Cadmio (Cd)	mg/L	0.4849	0.005 mg/L
Cromo(Cr)	mg/L	0.01434	0.05 mg/L
Cobre (Cu)	mg/L	0.03994	0.005 mg/L
Plomo (Pb)	mg/L	0.007294	0.001 mg/L

**Tabla 1. Caracterización del efluente Estación de Bombeo de la EPAM**

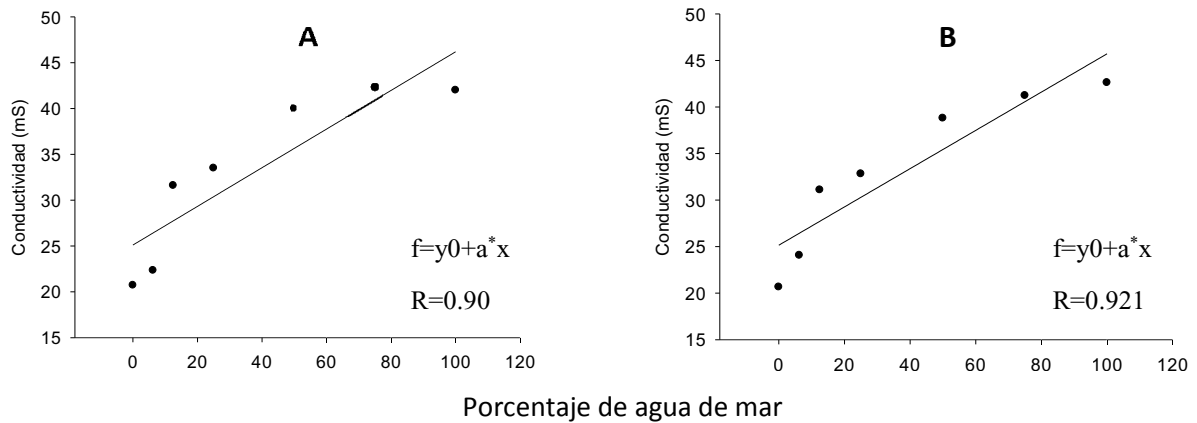
**Tabla 2. Caracterización del efluente Río Burro**

PARAMETRO	MEDIDA	RESULTADO	TULSMA. <i>Tabla 2 – 10</i>
Conductividad	us/cm	7360	
Resistividad	$\Omega$ -cm	133,6	
Oxígeno disuelto	mg/L	9,21	$\geq 60$
Potencial atmosferico	hpa	1022	
pH	pH	8,29	6.5 – 9.5
Potencial Redox	mv	-128	
Turbidez	NTU	22	
Solidos suspendidos	mg/L	4	250 mg/L
Solidos totales disueltos (STD)	mg/L	4012	1600 mg/l
Dureza	mg/L	4,57	
Sulfatos	mg/L	1580	1000 mg/l
Nitratos	mg/L	3,2	50 mg/l
Fosfato	mg/L	0,6	
DQO	mg/L	353	400 mg/l
DBO	mg/L	1588,5	200 mg/l
Boro (B)	mg/L	2.151	5.0 mg/L
Cadmio (Cd)	mg/L	0.0003523	0.005 mg/L
Cromo(Cr)	mg/L	0.01434	0.05 mg/L
Cobre (Cu)	mg/L	0.02942	0.005 mg/L
Plomo (Pb)	mg/L	0.007294	0.001 mg/L

### 3.2 Validación del sistema de ensayo.

#### 3.2.1 Calibración del sistema.

Los resultados de la calibración del sistema utilizando distintas diluciones de agua de mar muestran que el gradiente de concentración se mantiene después de las 4 horas (Fig. 3)



**Fig. 3** Calibración del sistema de exposición no forzada a las 0h (A) y 4h (B)

### 3.3 Ensayo de distribución.

En el ensayo de distribución los alevines de *Gambusia Affinis* no presentaron preferencia por ningún compartimento específico ( $p>0,05$ ).

### 3.4 Screening

Durante la exposición de los organismos al efluente de la estación de bombeo de la EPAM, se registró un 100% de mortalidad en los organismos expuestos a las concentraciones de 100%, 75%, y 50%. Cabe señalar que en la concentración de 100% y 75% todos los organismos murieron durante la primera hora de exposición.

En el caso del efluente de la desembocadura principal al río Burro, no se observó mortalidad durante las 4 horas de exposición a las distintas concentraciones 100%, 75%, 50%, 25%. Ambos ensayos fueron realizados durante 4 horas de exposición.

### 3.5 Ensayos de exposición no forzada

#### 3.5.1 Efluente estación de bombeo de la EPAM.

Durante los ensayos de exposición al efluente de la estación de bombeo de la EPAM los organismos mostraron una fuga significativa desde la primera hora de exposición (Figura. 1)

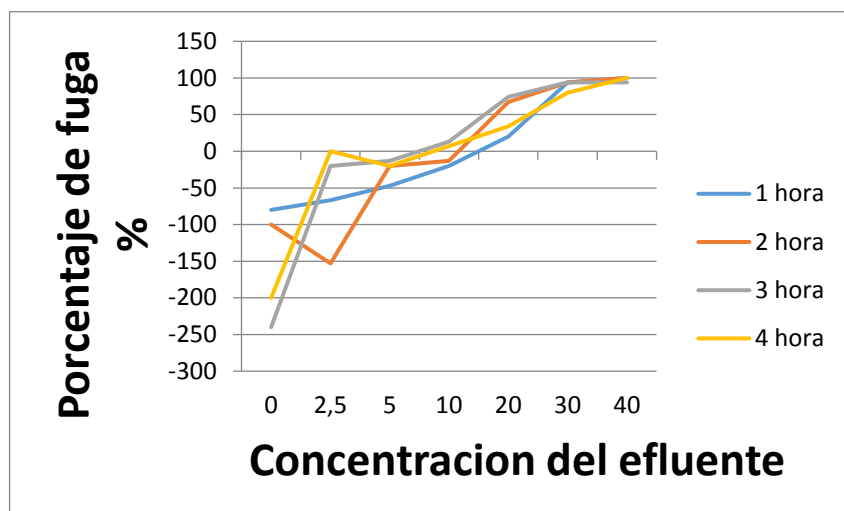


Fig. 1 Respuesta de fuga del pez *Gambusia Affinis* expuesta a diferentes concentraciones del efluente de la estación de bombeo de la EPAM

**Tabla 3. Análisis multifactorial del bioensayo de exposición al efluente de la Estación de bombeo la EPAM**

Efecto	SS	Degr. Of freedom	MS	F	P
Tiempo	0	9	0	0	1
Tratamiento	1451	6	24.18	41.63	0.000*
Tiempo x Tratamiento	256	18	14.8	2.54	0.004*

F (3.56) = 0.0000, p = 1.0000

\*(Diferencia significativa p<0,01)

El análisis multifactorial demostró que en el ensayo de exposición forzada al efluente de la estación de bombeo de la EPAM, la respuesta de fuga estuvo influenciada por el tratamiento (concentración de exposición) y no por el tiempo de duración del bioensayo (Tabla 3)

### 3.5.2 Efluente desembocadura principal al río Burro.

En la figura 2 se puede observar que existe una fuga significativa a partir de la segunda hora de exposición. Es evidente el desplazamiento de los organismos hacia las concentraciones de 0% y 5%.

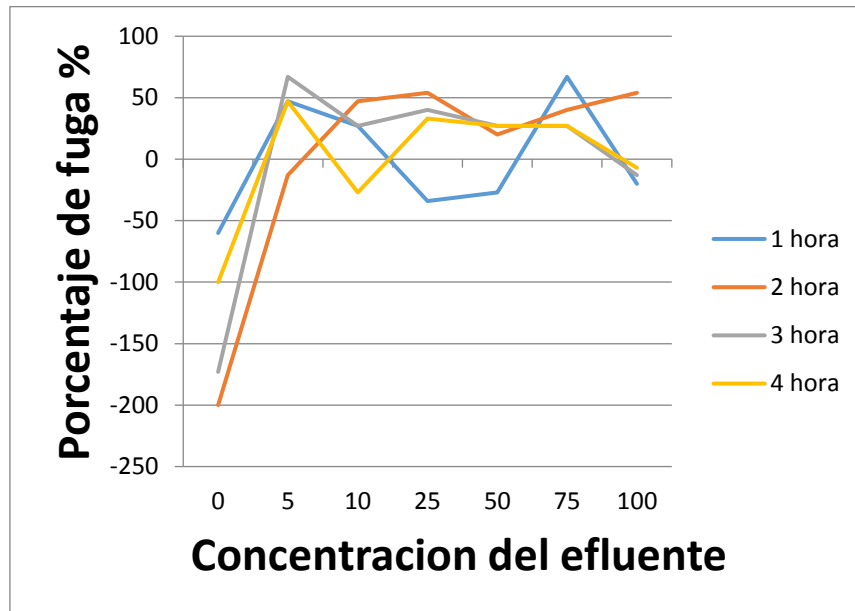


Fig. 2 Respuesta de fuga del pez *Gambusia sp* expuesta a diferentes concentraciones del efluente de la desembocadura principal al río Burro.

**Tabla 4. Análisis multifactorial del bioensayo de exposición al efluente de la desembocadura del río Burro**

Efecto	SS	Degr. Of freedom	MS	F	P
Tiempo	0	3	0	0	1
Tratamiento	652.5	6	108.8	17.60	0.000*
Tiempo x Tratamiento	225.5	18	12.5	2.03	0.023*

F (3.56) = 0.0000, p = 1.0000

\*(Diferencia significativa p<0,01)

El análisis multifactorial demostró que, en el ensayo de exposición forzada al efluente de la desembocadura del río Burro, la respuesta de fuga estuvo influenciada por el tratamiento (concentración de exposición) y no por el tiempo de duración del bioensayo (Tabla 4).

#### 4. DISCUSIÓN

Los datos de la caracterización del agua procedente de ambos efluentes muestran altos niveles de contaminación de estas aguas residuales. En el caso del efluente de la Planta de Bombeo de la EPAM la muestra de agua residual presentó valores por encima del límite permisible en parámetros como: Conductividad, sólidos totales disueltos (STD) y en suspensión, DBO, DQO, bajos niveles de oxígeno, y la concentración de metales (Cd, Cu, y Pb). En el caso del efluente ubicado en la Desembocadura del Río Burro los parámetros ubicados por encima del límite permisible fueron: STD, sulfatos, DBO, y metales como Cu y Pb.

El oxígeno disuelto presentó un valor de 1,74 mg/l en la estación de bombeo EPAM, mientras que la desembocadura principal del río Burro mantuvo un rango de 9,21 mg/l. Según la normativa del TULSMA, una agua con oxígeno disuelto controlado, debe obtener un resultado de 5 mg/l, aquí se puede interpretar que este es un factor muy importante, para que los peces puedan desarrollar su vida con total normalidad. Los bajos niveles de oxígeno en la muestra de efluente de la Estación de Bombeo de la EPAM puede ser una de las razones por las cuales en el ensayo agudo los organismos murieron casi de forma inmediata, mientras que en el efluente de la Desembocadura del río Burro no se registró mortalidad. Aunque según Brown-Peterson, (1990) la especie *Gambusia sp* es capaz de aguantar bajas concentraciones de oxígeno disuelto (0,028 mg/l), ya que tiene la habilidad de obtener oxígeno de los estratos más superficiales de la columna de agua y habita en rangos de pH que van desde 6 hasta 8,8 (Brown-Peterson, 1990).

Según Lenntech, 2019 la conductividad es un parámetro estrechamente relacionado con la salinidad, y sólidos totales disueltos. Los altos valores de conductividad y STD demuestran el alto contenido de sales y otros compuestos químicos en ambos efluentes. En el efluente de la desembocadura del río Burro los niveles de conductividad fueron ampliamente más altos (7470 us/cm) en comparación con el efluente de la EPAM (3340 us/cm). Sin embargo, en el ensayo de toxicidad aguda los organismos no registraron

mortalidad durante su exposición a este efluente, lo que podría sugerir que este parámetro por sí solo no es el responsable de la mortalidad reportada en el ensayo de toxicidad aguda con el efluente de la EPAM.

La turbidez y los sólidos en suspensión muestran el color del agua y los sólidos flotantes, esto puede alterar la capacidad de caza y movimiento de los peces, sin embargo, este organismo presenta facilidad para adaptarse a sitios con estas características. Los sólidos en suspensión pueden ser orgánicos e inorgánicos, el lugar donde se ubica el principal efluente de descarga del río Burro existe un colector de desechos de alta carga orgánica, donde encontrar viseras de pescado, desechos orgánicos de vegetales, frutas entre otros desechos orgánicos en descomposición. Donde se evidenció que el organismo consume estos alimentos, aplicando comportamiento carroñero hasta con sus ejemplares que han muerto. El problema radica en los sólidos inorgánicos, mismo que se pueden adherir a la materia orgánica rápidamente, es así que a más materia suspendida existe mayor probabilidad de agentes tóxicos entren en contacto con los peces. La turbidez impacta en los ecosistemas acuáticos por dispersar la luz solar y reducir la concentración de oxígeno. Afecta a la fotosíntesis, así como a la respiración y reproducción de los peces. Las partículas suspendidas también ayudan a la adhesión de metales pesados y muchos otros compuestos tóxicos (Kasetsu, 2017).

El efluente de la estación de bombeo EPAM cumple con la normativa en cuánto a la emisión de sulfatos al medio. Sin embargo, en el efluente del río Burro este parámetro estuvo por encima del límite permisible (1580 mg/l), pudiendo ser este parámetros uno de los que ocasionó la fuga de los especímenes de *Gambusia sp.* Lenntech (2018) menciona que el sulfato (SO<sub>4</sub>) se encuentra en casi todas las aguas naturales. La mayor parte de los compuestos sulfatados se originan a partir de la oxidación de las minas de sulfato, la presencia de esquistos, y la existencia de residuos industriales. El sulfato es uno de los principales constituyentes disueltos de la lluvia, donde una alta concentración de sulfato en agua potable tiene un efecto laxativo cuando se combina con calcio y magnesio, los dos componentes más comunes de la dureza del agua. Así mismo se puede

relacionar la dureza a los datos anteriores que el pez ha evitado en ambos efluentes, el efluente de la estación de bombeo EPAM mantiene una dureza de 6,16 mg/l, esta muestra tuvo que ser diluida al 100 % para obtener dato.

En el análisis de nitratos se evidencio un 0,4 mg/l en el efluente de la estación de bombeo EPAM y un 3,2 mg/l en la muestra de la desembocadura principal del rio Burro, no pasando los 50 mg/l que dicta el TULSMA. El fosfato del primer efluente se mantuvo con un 6,57 mg/l y el segundo efluente mostro un valor de 0,6 mg/l, mostrando que en fosfato el efluente de la estación de bombeo EPAM es elevada, asi como los nitratos en la desembocadura principal del rio Burro, indicando además que ambas aguas poseen agentes en diferentes proporciones.

La estación de bombeo EPAM presento un valor de 618 mg/l de DQO por encima de los 353 mg/l de la desembocadura principal del rio Burro. El límite máximo permisible es de 400 mg/l así lo dicta la tabla 10 del TULSMA, es así que el agua de la estación de bombeo sobrepasa los valores lo que da a entender que estas aguas poseen grandes grados de contaminación, así mismo los datos del DBO estas sobrepasados en ambos casos donde el valor permisible es de 200 mg/l y los efluentes estudiados poseen un 2781 mg/l en el afluente de la estación de bombeo y un 1588,5 mg/l en la desembocadura principal del rio Burro.

Otro dato importante es la presencia de cloro en las muestras de efluentes, donde la desembocadura principal del rio Burro posee 1,2 mg/l, mientras que el efluente de la estación de bombeo EPAM, muestra un valor de 6 mg/l. Es conocido que altas concentraciones de cloro pueden afectar a la especie *Gambusia sp*, ya que no tolera valores superiores a 0,02 mg/l. Este puede ser otros de los parámetros relacionados con la fuga de los organismos.

Los ensayos de exposición no forzada están pensados para evaluar la sensibilidad de las especies frente a eventos de contaminación, es por ello que se suelen utilizar especies

consideradas sensibles. Sin embargo, la especie *Gambusia sp.* utilizada en este estudio es reconocida como una especie altamente resistente por su facilidad de adaptación a ambientes afectados por la contaminación. Por lo que, la respuesta de fuga observada en esta especie durante su exposición a los efluentes de la estación de bombeo de la EPAM y al de la desembocadura del río Burro permiten determinar la alta toxicidad de estas descargas de aguas residuales.

Los peces de agua dulce se encuentran hoy amenazados por la continua agresión del medio. Esto se debe a los vertidos de aguas residuales tanto domésticos como industriales que contaminan las aguas y provocan la muerte de las poblaciones existentes. Hay varias razones para considerar a los peces como organismos útiles en la evaluación de la degradación ambiental, ya que la ictiofauna actúa como integradora de los impactos directos e indirectos sobre el ecosistema acuático (DK, 2000).

Evaluar y estimar los efectos de la actividad humana sobre el ecosistema acuático es una tarea compleja. Debido a esto, han sido propuestos numerosos bioindicadores y pruebas a organismos para la evaluación de ecotoxicidad de compuestos antropogénicos en ambientes acuáticos, donde los peces representan, además, el principal nivel (Nunes B, 2012).

Diversos estudios realizados en peces han sido realizados para evaluar la potencial toxicidad en el medio acuático. Por ejemplo juveniles de *D. rerio* mostraron alta sensibilidad cuando fueron capaces de detectar la presencia de perimetanil en una exposición in situ (Araujo et.al, 2014). Otro organismo en mostrar sensibilidad fue *P. reticulata* el cual fue expuesto a un gradiente de contaminación de tricolsan (Silva et. Al, 2017). Así mismo alevines de *Oreochromis sp.* detectaron y fugaron de concentraciones peligrosas de efluentes industriales contaminados (Araújo et al., 2016).

## 5. CONCLUSIONES

- La caracterización del agua residual procedente de ambos efluentes muestran altos niveles de contaminación. En el caso del efluente de la Planta de Bombeo de la EPAM presentó valores por encima del límite permisible en parámetros como: Conductividad, sólidos totales disueltos (STD) y en suspensión, DBO, DQO, bajos niveles de oxígeno, y la concentración de metales (Cd, Cu, y Pb). En el caso del efluente ubicado en la Desembocadura del Río Burro los parámetros ubicados por encima del límite permisible fueron: STD, sulfatos, DBO, y metales como Cu y Pb.
- La respuesta de fuga observada en la especie *G. affinis* durante su exposición a los efluentes de la Estación de Bombeo de EPAM y al de la desembocadura del río Burro demuestra la alta toxicidad de estos efluentes.
- Los resultados de este estudio permiten asegurar que la respuesta de fuga de la especie *Gambusia affinis* puede ser utilizada como herramienta de evaluación de la toxicidad de los efluentes en la zona de Manta. Siendo una herramienta muy útil ya que genera resultados a corto plazo, y es de bajo costo.

## 6. RECOMENDACIONES

Una vez probada la utilidad de la respuesta de fuga en la especie *Gambusia sp* se recomienda utilizarla en la evaluación de la potencial toxicidad de otros efluentes y cuerpos de agua dulce en la zona de Manta.

También se recomienda iniciar otros estudios que conduzcan a la identificación de nuevas especies que puedan servir como indicadoras de la situación ambiental de los ecosistemas acuáticos en la zona de Manta.

Brindar un apoyo financiero a nuevos proyectos que vinculen a los estudiantes con la comunidad, y así hacer posible el seguimiento de estos efluentes y minimizar el impacto generado por los mismos. Esto generaría un mejor aprendizaje por parte de los estudiantes e impacto positivo a las condiciones del lugar.

De acuerdo con los resultados obtenidos se recomienda que la Estación de Bombeo de la EPAM cumpla con las disposiciones legales y no vierta sus aguas al medio ambiente acuático. El agua residual con alta carga orgánica e inorgánica sugiere un deterioro del cuerpo de agua que está recibiendo la descarga de ese efluente.

Instrumentar un proceso simplificado de aplicación, que permita realizar estimaciones previas sobre el grado de contaminación de cuerpos de agua.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- A., R. R. (2008.). Ensayos toxicológicos para la evaluación de sustancias químicas en agua y suelo. La experiencia en México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.
- Araujo, C., Shinn, C., Moreira-Santos, M., Mendes, L. D.-S., Sanchez, A., & Espindola, E. (2016). Avoidance response of *Danio rerio* to a fungicide in a linear contamination gradient. *Sci Total Environ*, 26-42.
- Brown-Peterson, N. P. (1990). *Comparative life history of female mosquitofish*. Environmental Biology of Fishes.
- DK, L. (2000). Predation efficacy of the fish muddy loach, *Misgurnus mizolepis*, against *Aedes* and *Culex* mosquitoes laboratory and small rice plots. *Factor de condición biológico-ambiental en la Gambusia punctata y sus efectos para el control biológico larval*, 3.
- Hellou, J. (2011). Behavioural ecotoxicology, an “early warning” signals to assess environmental quality. *Environmental Science Pollution Rest.*, 1 - 11.
- HORA, L. (25 de 12 de 2006). Playa de Tarqui: 24 años de contaminación. *LA HORA LO QUE NECESITAS SABER* , pág. 1.
- ISSG. (12 de 11 de 2018). *BASE DE DATOS GLOBAL DE ESPECIES INVASORAS*. Obtenido de <http://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=126>
- Jairo Escobar. (2002). *La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas*. Santiago de Chile : Naciones Unidas .
- Kasetsu, N. (20 de Noviembre de 2017). *La turbidez en las aguas residuales*. Obtenido de <http://nihonkasetsu.com/es/la-turbidez-en-las-aguas-residuales/>
- Lenntech. (2018). *Tratamiento de agua & purificación*. Obtenido de <https://www.lenntech.es/sulfatos.htm>
- Lenntech. (2019). *WATER TREATMENT* . Obtenido de <https://www.lenntech.es/aplicaciones/ultrapura/conductividad/conductividad-agua.htm>
- Nunes B, C. F. (2012). Acute toxicity of widely used pharmaceuticals in aquatic species: *Gambusia halbrooki*, *Artenia parthenogenesis* and *Tetrasetinius chuii*. *Factor de condición biológico-ambiental en la Gambusia punctata y sus efectos para el control biológico larval*, 3.
- ONU. (2004). *ONU*. Obtenido de <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/>
- OPS/CEPIS. (2002). *Sistemas Integrados de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en América Latina: Realidad potencial*. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsaar/e/proyecto/rejecutivo.pdf>

- Ramírez Romero P. & Mendoza, C. (2008.). Ensayos toxicológicos para la evaluación de sustancias químicas en agua y suelo. La experiencia en México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.
- Reish, D. y. (1987). Manual of methods in aquatic environment research. *Part 10 – Short-term static bioassays*, 62.
- Ribeiro, R. L. (2013. ). Contaminante impulsado la erosión genética y las hipótesis asociadas a la pérdida de alelos, la tasa de crecimiento de la población reducida y una mayor susceptibilidad a los factores de estrés futuro-un ensayo. *Ecotoxicología*.
- Ronco A., G. P.-B.-G. (2002). Overview of Results from the Watertox Intercalibration and Environmental Testing Phase II Program: Part 1, Statistical Analysis of Blind Sample Testing. *Toxicology, Vol. 17*, 232-240.
- Sur, C. P. (2018). *Comisión Permanente del Pacífico Sur* . Obtenido de <http://cpps-int.org/>
- Willians Zambrano, C. C. (26 de Julio de 2018). *Lente periodístico*. Obtenido de <http://www.lenteperiodistico.com/2018/07/26/factores-contaminantes-las-playas-manta/>

## ANEXOS



*Gambusia sp.*



Captura de organismos



**Agallas de Gambusia sp, después de realizar una disección**



**Sistema multicompartimentado**



**Efluente de estación de bombeo EPAM**

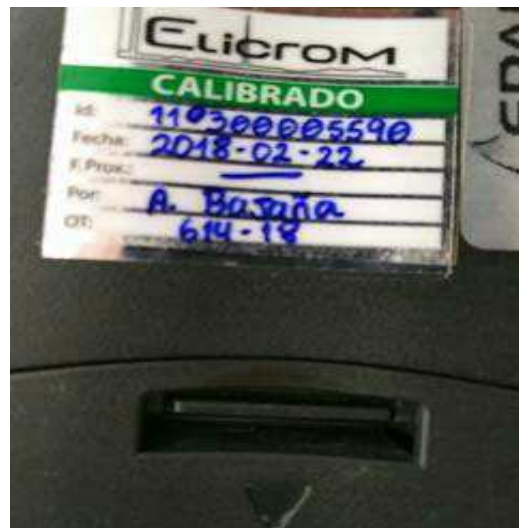


**Efluente principal de descarga del rio burro**



**Otras especies alteradas por el medio acuático del lugar.**

## Equipos utilizados para los análisis respectivos del documento



## Herramientas de laboratorio utilizadas para los análisis



## Reactivos utilizados



