



**FACULTAD DE OCEANOGRAFÍA, PESQUERÍA, CIENCIAS ALIMENTARIAS Y  
ACUICULTURA**

BIOENSAYO AGUDO CON NITRATO DE PLOMO EN ALEVINOS DE  
GAMITANA, *Colossoma macropomum*, (Cuvier, 1816)

**Línea de investigación:**

**Ecotoxicología y química ambiental**

Tesis para optar al Título Profesional de Ingeniero Pesquero Acuicultor

**Autora:**

Ramirez Tumba, Carina Lisbet

**Asesor:**

Zambrano Cabanillas, Abel Walter  
(ORCID: 0000-0001-6930-5601)

**Jurado:**

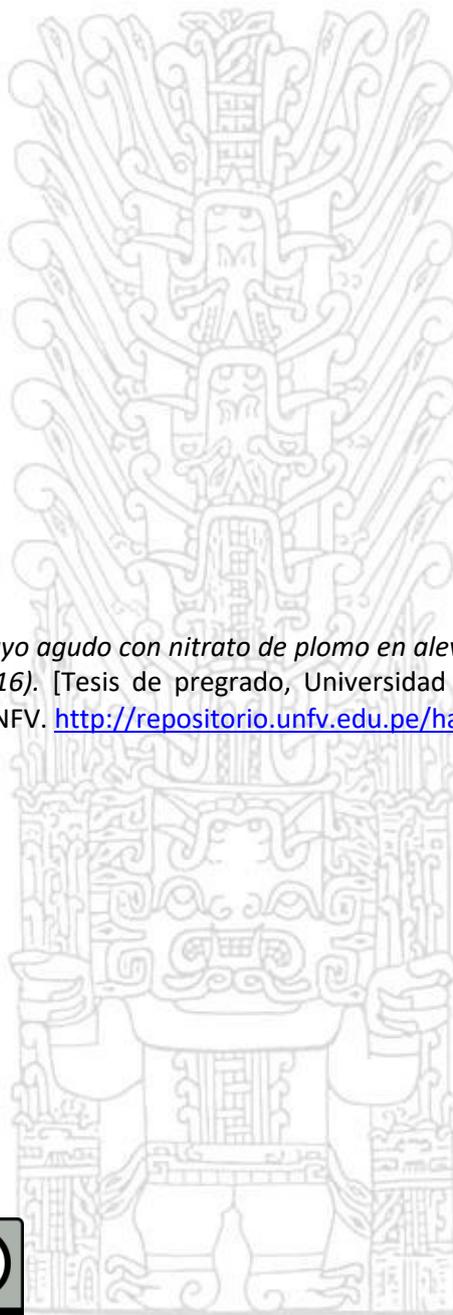
Rodenas Seytuque, Pedro José

Llontop Vélez, Carlos

Blas Ramos, Walter Eduardo

**Lima - Perú**

**2022**



**Referencia:**

Ramirez, C. (2022). *Bioensayo agudo con nitrato de plomo en alevinos de gamitana, Colossoma macropomum, (Cuvier, 1816)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio Institucional UNFV. <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/5967>



**Reconocimiento - No comercial - Sin obra derivada (CC BY-NC-ND)**

El autor sólo permite que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede generar obras derivadas ni se puede utilizar comercialmente.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



Universidad Nacional  
**Federico Villarreal**

**VRIN** | VICERRECTORADO  
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE OCEANOGRAFÍA, PESQUERÍA, CIENCIAS ALIMENTARIAS Y  
ACUICULTURA

BIOENSAYO AGUDO CON NITRATO DE PLOMO EN ALEVINOS DE GAMITANA,  
*Colossoma macropomum*, (Cuvier, 1816)

**Línea de Investigación:**

**Ecotoxicología y Química Ambiental**

Tesis para optar al Título Profesional de Ingeniero Pesquero Acuicultor

**Autor**

Ramirez Tumba, Carina Lisbet

**Asesor**

Zambrano Cabanillas, Abel Walter

(ORCID: 0000-0001-6930-5601)

**Jurado**

Rodenas Seytuque, Pedro José

Llontop Vélez, Carlos

Blas Ramos, Walter Eduardo

**Lima – Perú**

**2022**

## **DEDICATORIA**

A Dios quien ha sido mi guía, fortaleza, a mis padres Richar Ramirez y Dina Tumba quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, a mis hermanos por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias, a toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y a toda mi familia por estar siempre presentes. A mis padres por el esfuerzo y la confianza puesto en mí, gracias porque me enseñaron a persistir por mis sueños. De igual manera mis agradecimientos a la Universidad Nacional Federico Villareal, a toda la Facultad FOPCA a mis profesores en especial al Dr. Walter Zambrano Cabanillas, quien con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesional, gracias por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

**ÍNDICE DE CONTENIDO**

Título	i
Nombre del autor	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenido	iv
Índice de tablas	viii
Índice de figuras	ix
Resumen	xii
Abstract	xiii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1 Descripción y formulación del problema	1
1.2 Antecedentes	2
1.3 Objetivos	4
1.4 Justificación	5
1.5 Hipótesis	5
<b>II. MARCO TEÓRICO</b>	<b>6</b>
2.1 Bases Teóricas Sobre el Tema de Investigación	6
2.1.1 Taxonomía	6

2.2 Características Generales de la Gamitana, <i>Colossoma macropomum</i>	6
2.3 Contaminación	9
2.3.1 Contaminaciones químicas	9
2.3.2 Contaminantes inorgánicos	10
2.3.3 Contaminantes orgánicos	10
2.4 Origen y Recuperación de Metales Pesados	11
2.4.1 Fuentes naturales	12
2.4.2 Fuentes antrópicas	12
2.5 Plomo en el Perú	13
2.5.1 Fuentes de contaminación naturales	14
2.5.2 Fuentes de contaminación antropogénicas	14
2.5.3 Plomo y el ambiente	16
2.6 Toxicocinética	18
2.7 Cambios Fisiológicos en Peces por Metales Pesados	18
2.8 Bioensayo	20
2.8.1 Bioensayos de respuesta directa	21
2.8.2 Especies para bioensayo	21
2.8.3 Concentración letal media (CL <sub>50</sub> )	22
III. MÉTODO	23

3.1 Tipo de investigación	26
3.2 Ámbito temporal y espacial	26
3.2.1 Transporte de alevinos	26
3.2.2 Aclimatación	27
3.2.3 Método del muestreo	28
3.2.4 Preparación del contaminante	29
3.2.5 Biometría	30
3.3 Variables	32
3.4 Población y muestra	33
3.5 Instrumentos	33
3.6 Procedimientos	35
3.6.1 Cálculos para determinar el volumen total del acuario	35
3.6.2 Cantidad de contaminante que se agregara a los acuarios	37
3.7 Análisis de datos	41
IV. RESULTADOS	42
4.1 Concentración Letal Media (Lc <sub>50</sub> )	42
4.2 Resultados del bioensayo definitivo	42
4.3 Coeficiente de correlación	44
4.4 Concentración de Plomo Acumulado en Gamitanas	49
4.5 Efectos del Plomo en los Alevinos de <i>Colossoma macropomum</i>	50

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	51
VI. CONCLUSIONES	53
VII. RECOMENDACIONES	55
VIII. REFERENCIAS	56
IX. ANEXOS	62

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1 Comparación de CL50 para plomo con especies de peces	4
Tabla 2 Los metales pesados más importantes sus densidades, abundancia y su categoría como esenciales y/o contaminantes	11
Tabla 3 Fuentes antrópicas de metales pesados	13
Tabla 4 Ranking del Perú en Producción de minerales	14
Tabla 5 Peso de ejemplares muestreados para biometría	31
Tabla 6 Promedio de los peces por acuario	32
Tabla 7 Bioensayo definitivo	37
Tabla 8 Resultados del bioensayo preliminar	42
Tabla 9 Resultados del bioensayo definitivo	42
Tabla 10 Bioensayo definitivo	43
Tabla 11 Control durante el bioensayo acuático	46
Tabla 12 Lecturas de pH	47
Tabla 13 Mediciones de oxígeno disuelto	48
Tabla 14 Concentración de plomo (mg/kg) en especímenes de gamitana	49

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura1 Gamitana, <i>Colossoma macropomum</i>	6
Figura 2 Uso industrial del plomo	15
Figura 3 Fuentes de contaminación antropogénica	17
Figura 4 Fuentes comunes de exposición al plomo	18
Figura 5 contaminación por metales pesados	19
Figura 6 Laboratorio de Biotoxicología	23
Figura 7 Campana extractora	25
Figura8 Equipo de absorción atómica	26
Figura 9 Cajas en las que fueron transportados los alevinos de gamitana	27
Figura 10 Alevinos transportados en bolsas especiales para evitar el estrés durante el viaje	27
Figura 11 Peces en acuario de aclimatación	28
Figura 12 Medición de pH en la bolsa de transporte	28
Figura 13 Acuarios donde se realizó el bioensayo con nitrato de plomo	29
Figura 14 Reactivo de nitrato de plomo	29
Figura 15 Guantes de nitrilo	30
Figura 16 Mascarilla de seguridad	30
Figura 17 Regresión lineal para el bioensayo	44
Figura 18 Peces muertos por horas durante el bioensayo final	47
Figura 19 Porcentaje de supervivencia de gamitanas	48
Figura 20 Concentración de plomo en el agua de acuario vs concentración de plomo acumulado	

en músculo de gamitana

49

**ANEXOS**

Anexo A: Informe de ensayo plomo en peces mg/kg	62
Anexo B: Formato del cuadro de control durante el proceso de aclimatación	63
Anexo C: Formato del cuadro de control durante el bioensayo acuático	64
Anexo D: ECA del agua para aguas superficiales para recreación	65
Anexo E: ECA del agua para aguas superficiales destinadas a la producción de agua Potable	66
Anexo F: Solicitud de ensayo para determinar la concentración de plomo	67

## RESUMEN

El plomo es uno de los principales metales pesados que contaminan el agua, esto no solo se da en el Perú, sino que es un problema a nivel mundial, el problema con el plomo es que es un metal que se bioacumula y sus partículas pueden quedar suspendidas de esta manera se transportan fácilmente. Se realizó la presente tesis porque los peces son indicadores para medir la toxicidad de los metales en el medio acuático. El objetivo del estudio fue emplear plomo para evaluar la  $LC_{50}$  plomo sobre *Colossoma macropomum*. Para cumplir el objetivo se realizaron bioensayos estáticos en laboratorio empleando alevinos de gamitana y como agente tóxico se empleó nitrato de plomo. El Bioensayo se realizó en el laboratorio de biotoxicología de la FOPCA, durante la cuarentena no se presentó mortalidad elevada y duro 30 días, se realizó la biometría con una talla promedio de 2,5cm de longitud y 1,5 g de peso promedio, el bioensayo se trabajó con 10 alevinos por acuario para 6 pruebas realizando 3 repeticiones del bioensayo agudo, se midieron los siguientes parámetros: pH (entre 6,5 y 7), temperatura (mínimo 20 °C – máximo 27 °C) y Oxígeno disuelto (alrededor de 8 mg/l). La  $LC_{50}$  en la gamitana utilizando nitrato de plomo fue de 66,36 ppm, demostrando que a esta concentración se produce la mortalidad de la mitad de la población expuesta.

*Palabras clave:* Bioensayo, plomo, Concentración letal media ( $CL_{50}$ ), gamitana

## ABSTRACT

Lead is one of the main heavy metals that pollute water, this not only occurs in Peru, but it is a problem worldwide, the problem with lead is that it is a metal that bioaccumulates and its particles can remain suspended in this way they are easily transported. This thesis was carried out because fish are indicators to measure the toxicity of metals in the aquatic environment. The objective of the study was to use lead to evaluate the LC50 lead on *Colossoma macropomum*. To meet the objective, static bioassays were carried out in the laboratory using gamitana fingerlings and lead nitrate was used as a toxic agent. The Bioassay was carried out in the biotoxicology laboratory of the FOPCA, during the quarantine there was no high mortality and lasted 30 days, the biometry was performed with an average length of 2.5 cm in length and 1.5 g of average weight, the bioassay, 10 fingerlings per aquarium were used for 6 tests, performing 3 repetitions of the acute bioassay, the following parameters were measured: pH (between 6.5 and 7), temperature (minimum 20 ° C - maximum 27 ° C) and dissolved oxygen ( about 8 mg / l). The LC50 in gamitana using lead nitrate was 66,36 ppm, showing that at this concentration mortality occurs in half of the exposed population.

*Keywords:* Bioassay, lead, Medium Lethal Concentration (LC50), gamitana

## **I. Introducción**

La contaminación acuática por metales pesados como el plomo, se ha convertido en un problema muy crítico actualmente, ya que este metal es muy tóxico y tiene una alta bioacumulación en el ambiente alterando la capacidad de supervivencia de los organismos, lo que afecta la dinámica poblacional de las especies y, por tanto, la estructura y función ecosistémica (Posada y Arroyave, 2006).

Algunos de los efectos adversos que el plomo genera en individuos expuestos a este metal son disminución de la capacidad de retención y aprendizaje, disminución de la fecundidad en los organismos, crecimiento retardado y dificultad para asimilar los alimentos (Posada y Arroyave, 2006).

El siguiente trabajo desarrollará aspectos de bioensayo con un contaminante tóxico en un organismo, la especie elegida (gamitana) se encuentra muy bien distribuida en la selva del Perú por lo que servirá como un índice de una posible contaminación acuática a través de las industrias y minería.

### **1. 1 Descripción y Formulación del Problema**

A pesar de los esfuerzos y medidas que se han implementado para reducir las emisiones de plomo, este sigue siendo un grave contaminante, incluso está presente en la dieta del hombre (Salazar, 2001). Desde el origen de la acuicultura, esta actividad aumentó con la creación de piscigranjas y la evolución de la infraestructura y los métodos aplicados en su producción. Los factores que influyen en la creación de piscigranjas son los constantes problemas que se presentan en los cuerpos de agua naturales como la contaminación, degradación y destrucción de hábitats, o la sobreexplotación de los recursos (Salazar, 2001). La gamitana es una de las especies más importantes en el mercado acuícola de la selva peruana por lo que es necesario

efectuar estudios que nos brinden conocimientos acerca de los elementos tóxicos que afectan a este pez, ya que evaluar la toxicidad de los metales pesados en diferentes organismos es muy importante ya que es una herramienta que describe los límites y/o alteraciones físicas que experimentan estos organismos, ante una contaminación específica. Los efectos tóxicos de los contaminantes en los peces causan una interrupción de la morfogénesis temprana, con lo cual pueden desarrollar malformaciones en estados más tardíos. Muchos de estos problemas originados durante la etapa de ova van a repercutir posteriormente durante la etapa de alevín con saco, causando mortalidades variables en los alevines (Burgos, 1999). Este trabajo tiene como objetivo brindar información acerca de los efectos del nitrato de plomo en la gamitana determinando la  $LC_{50}$  usando como contaminante nitrato de plomo.

En tal sentido se formula el problema principal.

¿Cuál es el  $LC_{50}$  para alevinos de gamitana usando nitrato de plomo?

## **1.2 Antecedentes**

Fry (citado por Zambrano, 1983) estableció que el estudio de la contaminación biológica desea proteger al organismo de daños que no solamente sea la muerte y que los límites letales están para ser considerados solamente como límites externos.

Rensomi (citado por Zambrano, 1983) indicó que numerosos metales pesados son concentrados en el cuerpo del pez en el orden de miles a decenas de miles de veces de la concentración en el agua. Estos datos han sido reportados mediante la cadena alimenticia en el ecosistema.

Una prueba de toxicidad es un ensayo en el cual un tejido viviente, organismo o grupo de organismos, son usados como reactivos para la determinación de la fuerza de alguna sustancia fisiológicamente activa (Bellan, 1981 citado por Ramírez, 1999).

Christensen (1975) expuso truchas (*Salvelinus fontinalis*) a nitrato de plomo, entre 0,057 mg/L y 0,53 mg/L, por ocho semanas, se encontró pérdida de peso en alevines.

De igual forma, Holcombe et al. (1976) sometieron a tres generaciones de truchas Fontana (*Salvelinus fontinalis*) a nitrato de plomo (0,009- 0,474 mg/L), se obtuvo como resultado escoliosis en la segunda y tercera generación.

Cucho (2009) obtuvo un LC<sub>50</sub> en 64,302 ppm para alevinos de tilapia roja *Oreochromis spp* usando nitrato de plomo mientras que Nuñez y Hurtado (2014) obtuvieron un LC<sub>50</sub> de 50,94 ppm en *Daphnia magna*.

Hodson et al. (1979) analizaron a la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mikiss*) presente en el lago Ontario (Estados Unidos), contaminado por plomo, se detectó que los peces expuestos desde las ovas son 5 veces más susceptibles que los expuestos desde una etapa más avanzada, observando un color negro en la cola de los alevines, síntoma de escoliosis, debido a que están expuestos al plomo.

Tabche et al. (1990) afirman que la tilapia (*Oreochromis hornorum*) a concentraciones de plomo (15, 23, 31, 39 y 47% de la LC<sub>50</sub>), durante 72 horas, lo cual mostró una reducción de la concentración de la hemoglobina en la sangre.

Osorio (2010) expuso a 21 ejemplares de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mikiss*) a las siguientes concentraciones de nitrato de plomo (0,87 mg/l, 1,17 mg/l y 3,51 mg/l) por el periodo de un mes, se observó una disminución del consumo de alimento, halló lesiones a nivel de branquias.

Tomaila (2018) determino una  $CL_{50}$  de 282 ppm usando nitrato de plomo en pez neón tetra, *Paracheirodon innesi*. En la tabla 1 se observa distintos valores de  $CL_{50}$  usando plomo en diferentes especies de peces.

**Tabla 1**

*Comparación de  $CL_{50}$  para plomo con especies de peces*

Orden/ Familia	Especie Nombre común	Distribución natural	Método de exposición	Estadio / Tiempo Tamaño / Peso	Dureza ( $mg\ L^{-1}$ de $CaCO_3$ )	Tóxico	Fórmula	$CL_{50}$ ( $mg\ L^{-1}$ )	Autor y año
Cypriniformes Cyprinidae	<i>Danio rerio</i>	Sudeste asiático	Flujo	Larva	7,8	Nitrato de plomo	$Pb(NO_3)_2$	0,0529	Alsop y Wood (2011)
	Pez zebra / Zebrafish		Flujo	Larva	141	Nitrato de plomo	$Pb(NO_3)_2$	>0.590	Alsop y Wood (2011)
	<i>Pimephales promelas</i>	Norteamérica	Flujo	~ 30 d / 150 mg	43	Nitrato de plomo	$Pb(NO_3)_2$	2,1	Spehar y Fiandt (1986)
	Carpa cabezona / Fathead minnow		Flujo	Pecesillo / 4 días	s.d.	Nitrato de plomo	$Pb(NO_3)_2$	2,7	Hammermeister (1982)
			Flujo	Pecesillo / 4 días	s.d.	Nitrato de plomo	$Pb(NO_3)_2$	5,2	Hammermeister (1982)
Cyprinodontiformes Poeciliidae	<i>Poecilia reticulata</i> Guppy	Suramérica	Flujo	Adulto	s.d.	Nitrato de plomo	$Pb(NO_3)_2$	15,5	Gadkari y Marathe (1983)
			Flujo	Adulto	s.d.	Nitrato de plomo	$Pb(NO_3)_2$	12,5	Gadkari y Marathe (1983)
			Flujo	Pecesillo	s.d.	Nitrato de plomo	$Pb(NO_3)_2$	7,3	Gadkari y Marathe (1983)
			Flujo	Hembra / 19 mm / 3.1 mg	71	Nitrato de plomo	$Pb(NO_3)_2$	1632	Sehgal y Saxena (1987)
			Flujo	Macho / 17 mm / 3.1 mg	71	Nitrato de plomo	$Pb(NO_3)_2$	1625	Sehgal y Saxena (1987)
Perciformes Centrarchidae	<i>Lepomis macrochirus</i> Mojarra oreja azul / Bluegill	Norteamérica	Flujo	4 cm	s.d.	Acetato de plomo	$Pb(C_2H_3O_2)_2$	400	Ellegaard y Rudner (1982)
			s.d.	s.d.	s.d.	Cloruro de plomo	$PbCl_2$	23,8	Pickering y Henderson (1966)
			s.d.	s.d.	s.d.	Cloruro de plomo	$PbCl_2$	442	Pickering y Henderson (1966)
Salmoniformes Salmonidae	<i>Oncorhynchus mykiss</i> Trucha arco iris / Rainbow trout	Norteamérica	Estático s.r.	Alevín / 7-10 semanas	41,3	Nitrato de plomo	$Pb(NO_3)_2$	30	Buhl y Hamilton (1990)
			Estático s.r.	Juvenil / 1040 mg	41,3	Nitrato de plomo	$Pb(NO_3)_2$	< 1.7	Buhl y Hamilton (1990)
			Flujo	3 meses	s.d.	Nitrato de plomo	$Pb(NO_3)_2$	2	Hammermeister et al. (1982)
			Flujo	3 meses	s.d.	Nitrato de plomo	$Pb(NO_3)_2$	0,58	Hammermeister et al. (1982)
Siluriformes Ictaluridae	<i>Ictalurus punctatus</i> Pez gato americano / Channel catfish	Norteamérica	s.d.	s.d.	s.d.	Arseniato de plomo	$PbHAsO_4$	> 100	Mayer y Ellersieck (1986)

Fuente: Tomaila (2018)

## 1.3 Objetivos

### 1.3.1 Objetivo general

- Determinar la concentración de plomo que afecta letalmente a los alevinos de gamitana.

### 1.3.2 Objetivos específicos

- Establecer los límites de concentración letal media con plomo en para la gamitana (*Colossoma macropomum*) en la etapa de alevinos mediante la prueba  $LC_{50}$ .

- Determinar la concentración de plomo acumulado en los ejemplares de gamitana (*Colossoma macropomum*).

#### **1.4 Justificación**

Teniendo en cuenta la importancia que reviste la contaminación acuática por metales pesados, y sin olvidar que la mayoría de pruebas toxicológicas han recaído en especies y estadios de vida de alta disponibilidad al científico, en donde solo se dan a conocer resultados a cerca de los efectos finales de una fase de contaminación (Gray, 1989 citado por Ramírez, 1999), este estudio, se realizó con el fin de mostrar la  $LC_{50}$  del nitrato del plomo en la gamitana durante la etapa de alevinos, aportando de esta manera información referente a la toxicidad del plomo en esta especie.

#### **1.5. Hipótesis**

##### ***1.5.1 Hipótesis general:***

La exposición de plomo, en forma de nitrato de plomo, en alevinos de gamitana es letal a concentraciones altas.

##### ***1.5.2 Hipótesis específicas:***

Los límites de concentración letal media con plomo para la gamitana (*Colossoma macropomum*) serán hallados con la prueba  $LC_{50}$ .

La concentración de plomo acumulado en el musculo de los ejemplares de gamitana (*Colossoma macropomum*) será proporcional a la cantidad de plomo que contiene el agua del acuario.

## II. Marco Teórico

### 2.1 Bases Teóricas Sobre el Tema de Investigación

Según el manual de cultivo de gamitana del Ministerio de Producción (2012) la gamitana es el pez escamoso de mayor importancia que vive en el río Amazonas, este pez es muy solicitado debido al valor de su carne, ya que es una fuente de proteína animal para los habitantes de la selva peruana.

#### Figura 1

*Gamitana, Colossoma macropomum*



#### 2.1.1 Taxonomía

Campos (2015) afirma que “la gamitana, *Colossoma macropomum* es un carácido originario de las cuencas de los ríos Amazonas y Orinoco que se encuentran en Sudamérica”.

La gamitana pertenece al phylum Vertebrados, se encuentra en la clase Teleostei y el orden Characiformes, siendo parte de la familia Characidae, género *Colossoma* y el nombre de la especie es *Colossoma macropomum*.

### 2.2 Características Generales de la Gamitana, *Colossoma macropomum*

Eufracio y Palomino (2012) mencionan que el tamaño comercial de la gamitana varía entre 25 -30 cm. y el peso entre 1 - 5 kg. Es un pez omnívoro, prefiere alimento de origen vegetal, la gamitana se puede encontrar en áreas inundadas por ríos. Llega a la madurez sexual a los cinco años.

Eufracio y Palomino (2012) afirman que la gamitana también es conocida con los nombres de “cachama” en Colombia, en Venezuela como “cachama negra” y en Brasil como “tambaqui”. La gamitana en el Perú mayormente es comercializada en la región selva, sobre todo durante la época creciente de los ríos.

Eufracio y Palomino (2012) mencionan que el cultivo de gamitana beneficia a las comunidades nativas y a los pequeños acuicultores ya que forman parte de constantes capacitaciones y transferencias tecnológicas que mejoran los ingresos al comercializar su producción y la calidad nutricional al realizar un cultivo para autoconsumo.

Según Eufracio y Palomino (2012) la gamitana es una especie omnívora, es decir se alimenta de algas, partes de plantas acuáticas, zooplancton, insectos terrestres y acuáticos, larvas de insectos, consumiendo también caracoles, frutos frescos y secos, así como granos duros y blandos. Alcanza su madurez sexual a los cuatro años, reproduciéndose al inicio de la creciente de los ríos (octubre a diciembre).

Goulding y Carvalho (1982) afirman que la gamitana adaptó sus dientes a los hábitos frugívoros, posee molares medios multicuspidados y los laterales son premolares, es decir posee dientes heterodontos.

Campos (2015) afirma: “48 especies de frutas son el posible alimento de la gamitana en áreas del río Ucayali”.

Campos (2015) menciona que la gamitana se alimenta principalmente durante los meses de marzo, julio y noviembre de arroz silvestre (*Oryza perennis*), frutas y semillas. Saint-Paul y Soares (1984) afirman que, durante el periodo de creciente de las aguas, de abril a setiembre se alimenta principalmente de cladoceras como *Daphnia gassneri* y *Daphnia cornuta* en una proporción del 90% al 95% del plancton en la dieta. Durante el periodo de vaciante de las aguas, los copépodos, principalmente *Notodiaptomus amazonicus*, predominan con un 52% a un 58% y entre las frutas y semillas que se encontraron en su estómago tenemos a *Tabebuia barbata*, *Cecropia sp*, *Vitex cymosa* y *Mabea sp*.

Werder y Soares (1982) mencionan que, para determinar la edad de la gamitana, ya que desarrolla escleritos, anillos de crecimiento en las escamas, se debe usar la formula siguiente:

$$d=C - (n+14)$$

En donde:

d = día del nacimiento (desove y fertilización).

C = Número de días del año al momento de la captura.

n = Número de anillos o círculos formados).

14 = Día en que es formado el primer anillo en la escama.

Campos (2015) menciona que para diferenciar machos y hembras de *C. macropomum*, antes de su maduración se debe notar en las hembras estómago abultado y suave, papila genital rosada y dilatada y en los machos con una presión sobre el abdomen eyacula blanco, denso y abundante semen.

Campos (2015) menciona que el desove de *C. macropomum* de forma artificial se desarrolla extrayendo manualmente los productos sexuales de los peces induciéndolos con inyección de hormonas para liberar los productos sexuales. El método más usado es la inyección del extracto de hipófisis de carpa, esta es molida y posteriormente disuelta en suero e inyectada de forma intraperitoneal. La primera dosis debe ser de 0,5 mg/kg del peso total de la hembra en 0,5 ml de solución fisiológica salina. La segunda dosis consiste en inyectar 5 mg/kg de peso total después de un intervalo de 14 h. El macho solo recibe una simple dosis de 1-1,5 mg/kg de peso total al mismo tiempo en que las hembras reciben la segunda dosis. Con esas condiciones, la ovulación y desove podrían ocurrir a 240 horas-grado contados desde la última inyección.

## **2.3 Contaminación**

La contaminación es la incorporación al ambiente de una sustancia o forma de energía en tal cantidad que resulte perjudicial para los ecosistemas naturales. La contaminación del agua ocurre cuando un cuerpo de agua es afectado por la descarga de una gran cantidad de material contaminante (Krantz y Kifferstein, 2005).

### **2.3.1 Contaminaciones químicas**

La biodegradabilidad limita la persistencia del contaminante en el medio y sus efectos fisicoquímicos y biológicos favoreciendo la integración de este a los ciclos biogeoquímicos (Molina, 2005).

La bioacumulación es la capacidad del contaminante de ser almacenado en los tejidos animales y contaminar los ecosistemas a través de las cadenas tróficas. Definida por el factor de acumulación que es la relación entre las concentraciones en el organismo y en el agua (Molina, 2005).

La toxicidad es el efecto adverso en organismos de prueba causados por contaminantes, generalmente por uno o una mezcla de contaminantes. La toxicidad es resultado de concentraciones y tiempo de exposición, modificados por diferentes variables como la temperatura y la eficiencia de la forma química del contaminante (Zambrano, 1983).

### ***2.3.2 Contaminantes inorgánicos***

Valverde (2015) menciona que dentro los contaminantes inorgánicos tenemos a los metales pesados como mercurio, plomo y cadmio, y los oligoelementos como cobre y zinc estos llegan al agua a través de la erosión de los suelos, vertidos industriales. La toxicidad depende de su estado de óxido- reducción. En el caso de los peces las formas larvarias son más sensibles que los adultos.

### ***2.3.3 Contaminantes orgánicos***

Valverde (2015) menciona que dentro de los contaminantes orgánicos tenemos residuos de hidrocarburos derivados del petróleo, moléculas tensoactivas utilizadas en detergentes domésticos y pesticidas aquellos destinados a impedir la acción o ejercer control de otro tipo sobre cualquier microorganismo dañino por medios químicos o biológicos.

Valverde (2015) menciona que los hidrocarburos están formados por un amplio grupo de productos, algunos son constituyentes normales de los tejidos animales, algunos provenientes del petróleo o dispersados en forma de emulsión, son ingeridos por el hombre y se incorporan en el metabolismo lipídico.

Los peces son más sensibles que los moluscos y crustáceos ante la presencia de tensoactivos y los derivados iónicos son más tóxicos que los no iónicos (Valverde, 2015).

Molina (2005) menciona que un pesticida es una sustancia que destruye, repele o mitiga alguna plaga, los pesticidas bloquean los mecanismos bioquímicos fundamentales como la fosforilación oxidativa y la actividad de la colinesterasa.

Molina (2005) menciona que en un compuesto organometálico los átomos de carbono forman enlaces covalentes con un átomo metálico, los grupos alifáticos y aromáticos se asocian con el arsénico, mercurio, plomo y estaño para formar compuestos.

## 2.4 Origen y Recuperación de metales Pesados

Bautista (1999) menciona que los metales pesados aparecen como constituyentes naturales de la corteza terrestre y son persistentes contaminantes ambientales desde el momento que no pueden ser degradados ni destruidos. En menor medida, entran al sistema corporal a través de los alimentos, el aire y el agua y son bioacumulados a lo largo del tiempo. El termino metal pesado se utiliza en los metales cuya densidad es mayor o igual a  $6\text{g/cm}^3$  como se muestra en la tabla 2.

**Tabla 2**

*Los metales pesados más importantes sus densidades, abundancia y su categoría como esenciales y/o contaminantes*

Elemento	Densidad $\text{g/cm}^3$	Rocas $\text{mg/kg}$	Esencial	Contaminante vegetal/animal
Ag	10,5	0,07		X
Au	19,3	0,05		
Cd	8,7	0,2		X
Cu	8,9	55,0	X	X
Fe	7,9	$6 \times 10^4$	X	X

Hg	13,6	0.08		X
La	6,2	25,0		X
Mn	7,4	950,0	X	X
Pb	11,3	13,0	X	X
Ni	8,9	75,0		X
Sn	7,3	2,0	X	X
Zn	7,1	70,0		X

Fuente: Bautista (1999)

#### **2.4.1 Fuentes Naturales**

Bautista (1999) menciona que los metales pesados pueden encontrarse en los minerales primarios y coprecipitados con los minerales secundarios. Los metales primarios son constituyentes de las rocas y minerales secundarios, como la cristalización de los productos del intemperismo.

Conociendo el tipo de roca y los minerales que la conforman pueden deducirse los metales pesados que pudieran encontrarse. En rocas sedimentarias se encuentra arsénico, mercurio y selenio, en el granito se encuentra plomo (Bautista, 1999).

#### **2.4.2 Fuentes antrópicas**

Bautista (1999) menciona que las fuentes antrópicas las podemos clasificar en puntuales (fijas) y no puntuales (móviles) dependiendo de su procedencia. Dentro de las fijas se tiene a las industrias, carreteras, en las que aun cuando no son la fuente de metales pesados, es allí donde se expiden de manera fija y continúa. Dentro de las móviles tenemos a los lodos residuales, fertilizantes, cenizas y humos (transportados a través del viento de manera esporádica), los pesticidas, el riego, etc. Como se muestra en la tabla 3.

**Tabla 3***Fuentes antrópicas de metales pesados*

Fuentes	Metales pesados
Lodos residuales	Cd, Pb, As, Cr, Zn, Co, B, Be, Br, Ce, Cu, Mn, Co, Hg, Ni, Sn
Plaguicidas	Pb, As, Hg, Br, Cu, V y Zn
Minas	Pb, Cd, As, Hg, etc.
Abonos	As, Se, Ba, Br, Co, Cr, Cu, F, Mn, Ni, Pb, Sr, Zn
Automóviles	Pb
Pinturas	Pb y Cd
Carbonatos	As, B, Ba, Ce, Cr, Cu, F, Mn, Mo, Ni, Pb, Zn

Fuente: Bautista (1999)

**2.5 Plomo en el Perú**

El Ministerio de Salud (MINSA) en el año 2015 menciona que más de 2 millones de personas están expuestas a la contaminación por plomo, viviendo en zonas cercanas a un radio de 5 km de una minera activa o cerrada. En el Perú la población más expuesta es la que vive cerca a la empresa fundidora en la Oroya, en el callao principalmente las zonas cercanas a la faja de transporte y depósitos de este metal.

Según estudios realizados por Ministerio de Salud (MINSA) en el año 2015 en Cerro de Pasco el nivel del plomo en el suelo excedió los parámetros en 35 de las 74 estaciones medidas, en Huaral 4 de las 47 estaciones realizadas. Estas estaciones toman en cuenta el estándar nacional de calidad de suelos.

En la tabla 4 se muestra la ubicación del Perú en producción de minerales

**Tabla 4**

*Ranking del Perú en Producción de minerales*

Mineral	Latinoamérica	Mundo
Zinc	1	3
Estaño	1	3
Plomo	1	4
Oro	1	6
Plata	2	3
Cobre	2	3
Molibdeno	2	4
Mercurio	2	4
Selenio	2	9
Cadmio	2	10
Roca Fosfórica	2	13
Hierro	5	17

Fuente: Ministerio de Energía y Minas (2013)

**2.5.1 Fuentes de contaminación naturales**

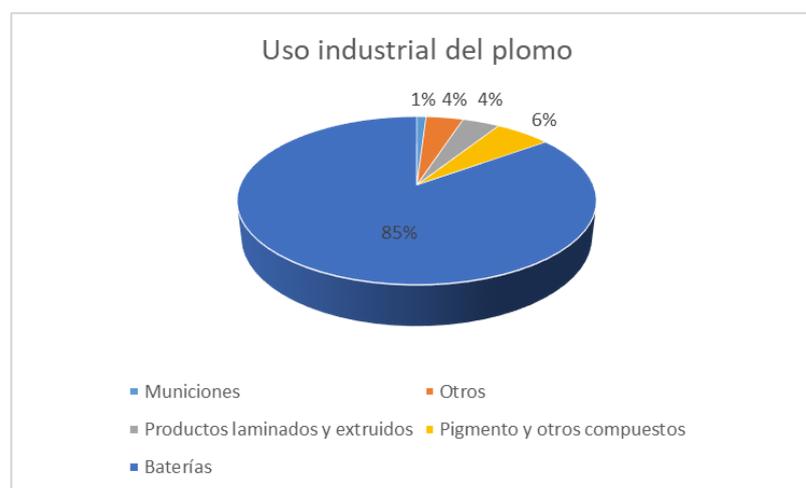
La cerusita (carbonato), anglesita (sulfato), corcoita (cromato), pirmorfita (fosfato), galena (sulfuro de plomo), son algunos de los minerales en los que se encuentra plomo de manera natural, la principal fuente de producción de plomo es la galena (Rodés et al, 2007).

**2.5.2 Fuentes de contaminación antropogénicas**

Según Jiménez (2001) La principal cauda de contaminación antropogénica es la minería, siendo otras fuentes metalurgia, la industria automovilística e industria química, sin embargo, este metal se utiliza en muchos productos pinturas, pigmentos, productos cosméticos incluso juguetes. El reciclaje representa el 10% del consumo mundial de plomo mientras que la minería el 90%.

## Figura 2

### *Uso industrial del plomo*



Fuente: Jiménez (2001)

Rubio (2004) menciona que el uso de plomo como aditivo en gasolinas es la principal causa de acumulación en el ambiente de este metal. El óxido de plomo atmosférico se deposita en suelo, agua, frutas y vegetales y es así como ingresa a la cadena trófica.

Con respecto a la gasolina con plomo en el Perú, mediante D.S. N° 019-98-MTC el 14 de Julio de 1998 se estableció que, en un plazo de 90 días, se eliminaría la oferta de gasolina de 95 octanos con plomo reduciéndose el contenido de plomo en la gasolina de 84 octanos de 1.16 a 0.84 gramos de plomo por litro de gasolina (Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), 2003). Para el 01 de Julio del Año 2003, el contenido de plomo de la gasolina de 84 octanos se reduce a 0.14 g/l. Mediante el Decreto Supremo N° 034-2003-MTC, el MTC se

suspende la obligación de reducir el contenido de plomo por litro de gasolina de 84 octanos a diciembre del 2003, específicamente a las refinerías con capacidad instalada menor a cuatro mil barriles por día, que no cuenten con los procesos de producción necesarios. Posteriormente en el año 2005 se prohíbe totalmente el plomo en las gasolinas (Inter-American Institute for Cooperation in Agriculture, 2010).

### **2.5.3 Plomo y el ambiente**

Según Saucedo Plata (2014) la principal fuente antropogénica de plomo en el aire se da por las fábricas de baterías ácido-plomo, el plomo derivado de la gasolina comprende la mayor parte del plomo atmosférico, este metal se libera a la atmósfera durante la combustión del carbono entrando a la atmósfera y viajando grandes distancias por acción del viento en el caso de las partículas pequeñas, las partículas grandes se precipitan en el suelo.

Las aguas residuales, los depósitos de polvo que contienen plomo de la atmósfera, minería, escorrentía, relaves mineros son las principales causas de contaminación por plomo del agua ingresando a ríos, lagos, arroyos, lagunas, en el caso de las aguas subterráneas estas contienen concentraciones bajas de plomo ya que este metal se adhiere al humus y los minerales que se encuentran en el suelo, en el caso del agua potable esta puede recibir plomo producto del contacto del agua con tuberías hechas de plomo o por las soldaduras (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2007).

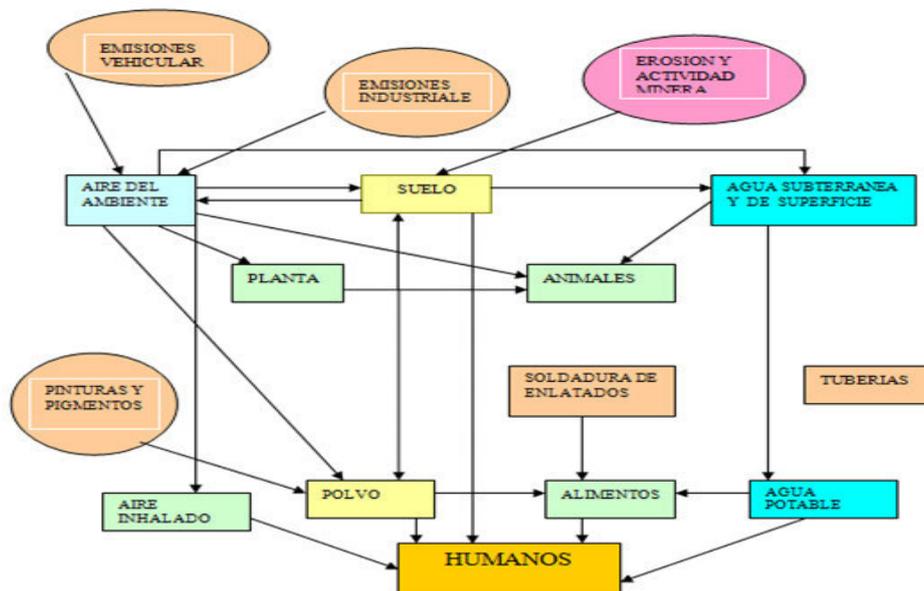
Jiménez (2001) menciona que el agua que contiene de 2 a 4 mg/l de plomo y es ingerida durante unos días suele no presentar síntomas en su consumo sin embargo consumirla por más de 3 meses resulta dañino, si se consume 15 mg/l resulta fatal. Una concentración de 0,05 mg/l resulta segura para el hombre, concentraciones de 0,010 mg/l son tóxicas para los peces.

El plomo se encuentra de forma natural en el suelo generalmente se encuentra en una concentración de 15 a 40 mg/kg sin embargo las actividades industriales, depósito de residuo, plomo que cae al suelo desde el aire, construcciones han incrementado su presencia pudiendo aumentar la concentración de plomo en varios miles de ppm. (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2007).

Prieto (2009) menciona que el aumento de concentraciones de plomo en el suelo repercute sobre el crecimiento natural de las plantas, inhibiendo su crecimiento y normal desarrollo, también disminuye la población microbiana del suelo. El plomo generalmente se acumula ente 2-5 cm de profundidad ya que precipita como sulfuro de plomo (PbS). En la figura 3 se muestran las principales causas de contaminación antropogénica.

**Figura 3**

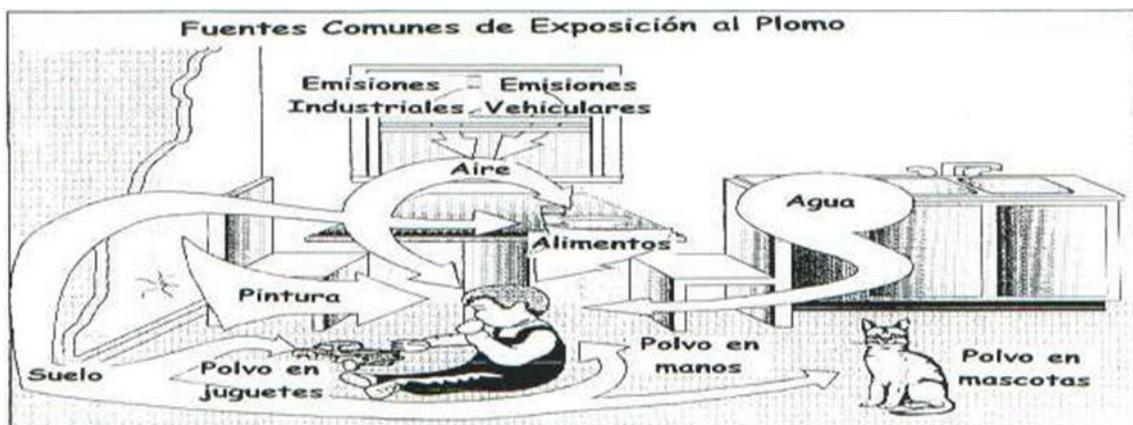
*Fuentes de contaminación antropogénica*



Fuente: Díaz Cartagena (2009)

## Figura 4

### *Fuentes comunes de exposición al plomo*



Fuente: Díaz Cartagena (2009)

## 2.6 Toxicocinética

Según Corzo y Velásquez (2014) el plomo es transportado a los órganos y tejidos por medio de la sangre acumulándose en huesos, dientes, riñones e hígado, entrando al cuerpo por absorción intestinal, a través de inhalación a los pulmones y por vía cutánea a la piel, siendo la vía cutánea la vía menos frecuente.

## 2.7 Cambios Fisiológicos en Peces por Metales Pesados

Se podrá dar toxicidad por metales pesados si la concentración del metal supera unos niveles, dado que para ciertos procesos bioquímicos es imprescindible tener unos niveles traza de esos metales pesados que actúan como bioelementos; pero elevadas acumulaciones de esos metales pueden provocar una intoxicación (Sandor, 2001).

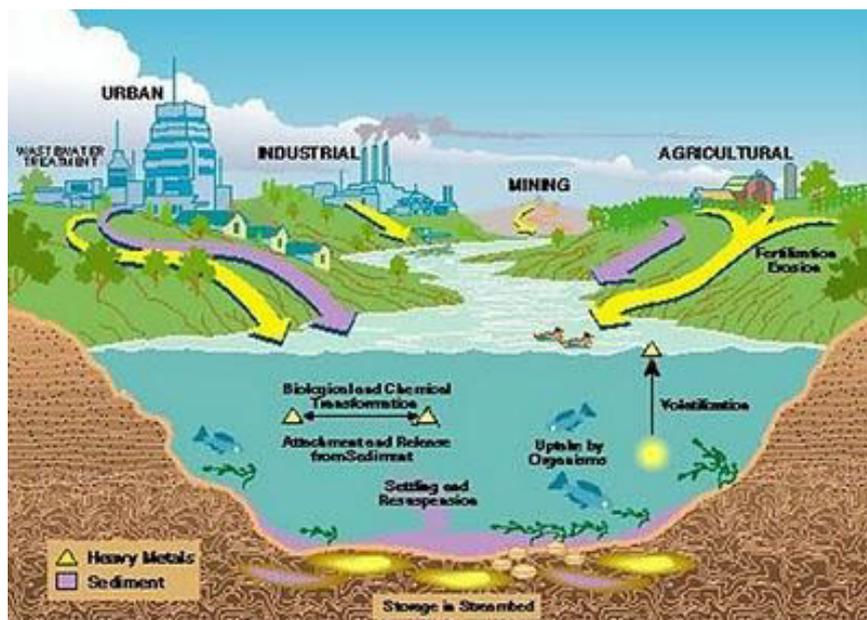
El nivel de contaminantes en peces depende de la concentración en el agua y el tiempo que estén expuestos los organismos acuáticos a los contaminantes, las características químicas del agua, como el pH, la temperatura, la salinidad (Ebrahimi y Taherianfard, 2011).

Los hábitos de alimentación, la talla y edad de los individuos, su posición en el sistema acuático. En referencia este último factor, se refiere a que, si la especie es bentónica, estará más expuesta a la contaminación y por tanto tendrá mayores concentraciones del metal en sus tejidos (Ebrahimi y Taherianfard, 2011).

Niveles muy bajos de contaminante pueden no tener un efecto aparente sobre el pez, ya que no mostraría signos externos de enfermedad, pero podría disminuir la fecundidad de los peces, dando lugar a un declive a largo plazo y una extinción puntual de poblaciones de peces en un futuro (Ebrahimi y Taherianfard, 2011).

### Figura 5

*Contaminación por metales pesados*



Fuente: Environmental Protection Agency (2004).

## 2.8 Bioensayo

Los bioensayos miden las respuestas de los organismos ante contaminantes complementando análisis físicos y químicos dándonos una idea de los daños que se ocasionan en diversos ecosistemas, también se utilizan para controlar las descargas de sustancias tóxicas en los cuerpos de agua o en el ambiente en general de diversas industrias (Sánchez y Andrade, 2009).

Los Bioensayos son pruebas biológicas que sirven para determinar el grado de toxicidad de sustancias extrañas presentes en el medio donde habitan y que produzcan efectos nocivos que muchas veces pueden generar su extinción (Zambrano 1983).

Los bioensayos pueden ser estáticos, en las que se coloca el agua con el contaminante en unas cámaras y luego se añaden los organismos de estudio. También pueden ser bioensayos de flujo constante, en los que habrá intercambio constante de agua con contaminante en las cámaras del bioensayo. En este caso las pruebas pueden durar entre 10 y 90 días. Y en algunos casos el tiempo suficiente para completar el ciclo de vida de algunas especies. Debe haber por lo menos 5 concentraciones del contaminante (Molina, 2005).

En los bioensayos los tejidos y organismos se emplean para medir la toxicología de un contaminante, en ellos se expone a grupos de organismos, en buena salud y aclimatados, a diversas concentraciones excepto el grupo de control que no se expone al tóxico, registrando y midiéndose los efectos causados por la exposición a diversos contaminantes (Sánchez y Andrade, 2009).

Los bioensayos miden el efecto y destino de contaminantes antropogénicos a través de condiciones controladas en un laboratorio usando mediciones experimentales, determinando en ciertas ocasiones concentraciones muy bajas de contaminantes. Los bioensayos son métodos

controlados reconocidos y normados por la comunidad científica usados normalmente para monitorear y controlar contaminaciones del agua (Sánchez y Andrade, 2009).

Según Sánchez y Andrade (2009) los bioensayos permiten establecer los límites para diversos contaminantes, evalúan el impacto del contaminante sobre comunidades y ambientes que los reciben comparando la sensibilidad de una especie a diversos tóxicos, se estudian relaciones dosis/concentración, efecto/dosis o concentración/respuesta.

Según Sánchez y Andrade (2009) 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.

### ***2.8.1 Bioensayos de respuesta directa***

Según Corrales (2018) los bioensayos pueden ser de tipo agudo cuando el valor calculado se denomina concentración letal media ( $CL_{50}$ ), y representa la concentración que causa la muerte al 50 % de la población experimental, en un tiempo determinado (generalmente 48 o 96 horas), de tipo estático se efectúa sin la renovación continua del flujo constante de las diluciones sometidas al ensayo los organismos se exponen a la misma solución de prueba el tiempo de duración del ensayo, de flujo continuo cuando circula continuamente una corriente de sustancia de prueba nueva en contacto con los individuos experimentales.

### ***2.8.2 Especies para bioensayo***

Es conveniente realizar bioensayos utilizando organismos vivos en condiciones controladas de laboratorio. Sin embargo, el objetivo primordial de un bioensayo es reflejar la realidad de cómo afectaría a los organismos vivos en su medio natural y para ello es

recomendable paralelamente investigar continuamente las comunidades en su propio hábitat (Gutiérrez de Salazar, 2004).

### **2.8.3 Concentración letal media ( $CL_{50}$ )**

Esta concentración se obtiene a través de la estadística de una sustancia de la que puede esperarse que produzca la muerte, se determina el 50% de la población que muere en un periodo determinado a través de la inhalación o contacto con el contaminante determinado se expresa mg/l (Sánchez y Andrade,2009).

### III. Método

El trabajo de investigación se realizó en el laboratorio de biotoxicología, ver figura 6, el cual se encuentra en la Facultad de Oceanografía, Pesquería, Ciencias Alimentarias y Acuicultura (FOPCA) que pertenece a la Universidad Nacional Federico Villarreal, ubicada en Miraflores, Lima.

#### Figura 6

*Laboratorio de Biotoxicología*



La determinación de plomo se realiza por espectrofotometría de absorción atómica. Según el standard methods for examination of water and wastewater 2012 los materiales de laboratorio que se emplean son los siguientes

- Papel de filtro rápido.
- Agitador magnético.
- Probeta de vidrio de 100 mL Fiola de vidrio de 1000 mL.
- Pipeta de vidrio de 5 mL. Pipeta de vidrio de 10 mL.

- Pipeta de vidrio tipo volumétrica de 0.5 mL.
- Pipeta de vidrio tipo volumétrica de 1 mL.
- Pipeta de vidrio tipo volumétrica de 3 mL.
- Pipeta de vidrio tipo volumétrica de 5 mL.
- Pipeta de vidrio tipo volumétrica de 25 mL.
- Pipeta de vidrio tipo volumétrica de 50 mL.

Los equipos de laboratorio que se utilizan son los siguientes:

- Agitador magnético marca Hanna Instruments HI190. Voltaje 220v/240v. N.º de serie MO60747.
- Campana extractora marca HNG. Voltaje 220v. N.º de serie EQ-ADI-07.
- Balanza analítica OHAUS-Adventurer AR2140, sensibilidad 0,0001. N.º de serie K2221227230404P.
- Espectrofotómetro de absorción atómica Thermo Scientific, Voltaje 220v/240v. N.º de serie 2337798.
- Lámparas de cátodo hueco para plomo. N.º de serie HECO 463. 4.3.

Los reactivos que se emplean son los siguientes:

- Agua destilada.
- Ácido clorhídrico al 37 %
- Solución estándar plomo de 1000 ppm (Marca Merck).
- Estándares de plomo solución concentrada de 1000 mg/L.
- Estándar de 3 mg/L: se agregó 0,3 ml del estándar concentrado de 1000 mg/L + 5 ml de HCl concentrado y se enrasó a 100 ml con agua desionizada.

- Estándar de 1 mg/L: se tomó 0,1 ml del estándar concentrado de 1000 mg/L + 5 ml de HCl concentrado y se enrasó a 100 ml con agua desionizada.
- Estándar de 0,5 mg/L: se tomó 0,05 ml del estándar concentrado de 1000 mg/L + 5 ml de HCl concentrado y se enrasó a 100 ml con agua desionizada.
- Estándar de 0,25 mg/L: se tomó 0,025 ml del estándar concentrado de 1000 mg/L + 5 ml de HCl concentrado y se enrasó a 100 ml con agua desionizada

Las condiciones espectrofotométricas para plomo son las siguientes:

- Tipo de llama aire/acetileno.
- Longitud de onda 217 nm.
- Ancho de slite 0.7 nm.

Se calibró el equipo de absorción atómica para la lectura de plomo mediante una curva de calibración; posteriormente se procedió con la lectura de las muestras, las cuales se repitieron 3 veces considerando como dato final el promedio, una vez obtenido los resultados se halló el coeficiente de correlación lineal.

Se debe trabajar por seguridad dentro de una campana extractora como se puede observar en la figura 7.

### **Figura 7**

*Campana extractora*



El equipo que se utilizó para hallar las concentraciones de plomo por medio del método de absorción atómica es de la marca Thermo Scientific como se puede observar en la figura 8.

### **Figura 8**

*Equipo de absorción atómica*



### **3.1 Tipo de Investigación**

Se produjo una prueba estática ya que los alevinos no fueron movidos ni hubo recambio de agua, se expuso a los alevinos de gamitana al metal durante 96 horas, para determinar la concentración de plomo en el musculo de pez y en el agua de acuario se usó el método de absorción atómica teniendo como base el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd edition a cargo de Rice y Baird (2012).

### **3.2 Ámbito Temporal y Espacial**

#### ***3.2.1 Transporte de alevinos***

Los alevinos fueron comprados en el centro acuícola La Cachuela, el cual está ubicado en Madre de Dios y fueron transportados por vía aérea. Se colocó oxígeno en las bolsas de transporte y estas fueron embaladas en cajas de tecnopor para su transporte, ver figura 9 y

bolsas sin esquinas ver figura 10. Posteriormente se trasladaron a la FOPCA y se colocaron en acuarios, los cuales ya estaban acondicionados a las condiciones de temperatura y pH del lugar de origen de los alevinos.

### **Figura 9**

*Cajas en las que fueron transportados los alevinos de gamitana*



### **Figura 10**

*Alevinos transportados en bolsas especiales para evitar el estrés durante el viaje*



### **3.2.2 Aclimatación**

Para el acondicionamiento de los acuarios en los cuales los alevinos de gamitana estuvieron en cuarentena, se empleó acuarios con capacidad de 100 litros, ver figura 11, construidos con vidrio de 8 mm de espesor, que pertenecen al laboratorio de biotoxicología de

la UNFV, los acuarios se llenaron a una capacidad del 90% y se registró diariamente los valores de temperatura, oxígeno disuelto y pH, observar figura 12, diariamente se sifoneo el fondo del acuario para eliminar los desechos de los peces.

### **Figura 11**

*Peces en acuario de aclimatación*



### **Figura 12**

*Medición de pH en la bolsa de transporte*



#### **3.2.3 Método del muestreo**

Los alevinos empleados en el bioensayo se escogieron aleatoriamente. Observar figura 13.

**Figura 13**

*Acuarios donde se realizó el bioensayo con nitrato de plomo*

**3.2.4 Preparación del contaminante**

Se pesó un gramo de nitrato de plomo, ver figura 14 y luego se diluyó y enrasó en una fiola de 1 litro de capacidad para obtener la solución de 1000 ppm. Es importante en todo momento usar guantes de nitrilo como medida de seguridad, ver figura 15 y una máscara protectora, ver figura 16.

**Figura 14**

*Reactivo de nitrato de plomo*



**Figura 15**

*Guantes de nitrilo*

**Figura 16**

*Mascarilla de seguridad*



### **3.2.5 Biometría**

Para determinar la longitud del pez se emplea un ictiómetro y para hallar su peso se usa una balanza electrónica. El peso de cada alevín se determina colocando un vaso de precipitado

con agua en la balanza electrónica, luego se tara y se coloca al pez, el peso mostrado en la pantalla será el peso del pez. Observar tabla 5.

**Tabla 5**

*Peso de ejemplares muestreados para biometría*

Pez	Peso (g)
Ejemplar 1	1,45
Ejemplar 2	1,59
Ejemplar 3	1,57
Ejemplar 4	1,52
Ejemplar 5	1,25
Ejemplar 6	1,49
Ejemplar 7	1,64
Ejemplar 8	1,78
Ejemplar 9	1,34
Ejemplar 10	1,49
Ejemplar 11	1,72
Ejemplar 12	1,45
Ejemplar 13	1,65
Ejemplar 14	1,58
Ejemplar 15	1,74
Ejemplar 16	1,48
Ejemplar 17	1,34
Ejemplar 18	1,24

Pez	Peso (g)
Ejemplar 19	1,45
Ejemplar 20	1,49

**Tabla 6***Promedio de los peces por acuario*

Acuario	1	2	3	4	5	6
Longitud pez 1	2,5	2,7	2,9	3,1	3,7	2,4
Longitud pez 2	2,6	2,6	3,1	3,0	2,5	2,5
Longitud pez 3	2,9	2,8	3,2	3,1	2,9	2,6
Longitud pez 4	3,4	2,9	3,4	2,8	3,1	3,4
Longitud pez 5	3,2	3,1	3,5	2,7	3,1	3,6
Longitud pez 6	3,3	3,1	2,9	2,6	3,2	3,1
Longitud pez 7	3,1	3,4	2,8	2,9	3,1	3,2
Longitud pez 8	2,8	3,2	2,7	3,1	2,8	3,5
Longitud pez 9	2,4	3,4	2,9	3,0	2,7	3,1
Longitud pez 10	2,6	2,7	3,1	3,2	2,9	2,8
Promedio	2,88 cm	2,99 cm	3,05 cm	2,95 cm	3 cm	3,02 cm

**3.3 Variables****Variable dependiente**Concentración Letal Media CL<sub>50</sub>

## **Variable independiente**

Concentración de nitrato de plomo

### **3.4 Población y Muestra**

La cantidad de alevinos que llegaron a Lima fue de 1000 ejemplares, solo se aclimataron 300 ejemplares. Luego de los 15 días de aclimatación se colocaron 10 alevinos en 6 acuarios, estos acuarios tenían distintas concentraciones y 10 ejemplares por cada acuario, también se utilizó un blanco en el cual se colocaron 10 alevinos de gamitana en un acuario sin contaminante.

### **3.5 Instrumentos**

Los materiales de laboratorio que se emplean son los siguientes

- Papel de filtro rápido.
- Agitador magnético.
- Probeta de vidrio de 100 mL. Fiola de vidrio de 1000 mL.
- Pipeta de vidrio de 5 mL. Pipeta de vidrio de 10 mL.
- Pipeta de vidrio tipo volumétrica de 0.5 mL.
- Pipeta de vidrio tipo volumétrica de 1 mL.
- Pipeta de vidrio tipo volumétrica de 3 mL.
- Pipeta de vidrio tipo volumétrica de 5 mL.
- Pipeta de vidrio tipo volumétrica de 25 mL.
- Pipeta de vidrio tipo volumétrica de 50 mL.

Los equipos de laboratorio que se utilizan son los siguientes:

- Agitador magnético marca Hanna Instruments HI190. Voltaje 220v/240v. N. o de serie MO60747.
- Campana extractora marca HNG. Voltaje 220v. N° de serie EQ-ADI-07.
- Balanza analítica OHAUS-Adventurer AR2140, sensibilidad 0,0001. N° de serie K2221227230404P.
- Espectrofotómetro de absorción atómica Thermo Scientific, Voltaje 220v/240v. N° de serie 2337798.
- Lámparas de cátodo hueco para plomo. N° de serie HECO 463. 4.3.

Los reactivos que se emplean son los siguientes:

- Agua destilada.
- Ácido clorhídrico al 37 %
- Solución estándar plomo de 1000 ppm (Marca Merck).
- Estándares de plomo solución concentrada de 1000 mg/L.
- Estándar de 3 mg/L: se agregó 0,3 ml del estándar concentrado de 1000 mg/L + 5 ml de HCl concentrado y se enrasó a 100 ml con agua desionizada.
- Estándar de 1 mg/L: se tomó 0,1 ml del estándar concentrado de 1000 mg/L + 5 ml de HCl concentrado y se enrasó a 100 ml con agua desionizada.
- Estándar de 0,5 mg/L: se tomó 0,05 ml del estándar concentrado de 1000 mg/L + 5 ml de HCl concentrado y se enrasó a 100 ml con agua desionizada.
- Estándar de 0,25 mg/L: se tomó 0,025 ml del estándar concentrado de 1000 mg/L + 5 ml de HCl concentrado y se enrasó a 100 ml con agua desionizada

### 3.6 Procedimientos

#### 3.6.1 Cálculos para determinar el volumen total del acuario

Para poder determinar el volumen total del acuario, se debe de utilizar la siguiente formula: Volumen total del acuario = L x A x H

##### **Dónde:**

**L** = Largo del volumen de agua del acuario

**A** = Ancho del Volumen de agua del acuario

**H** = Altura liquida del acuario con la capacidad al 100%.

##### **Según las mediciones tenemos que:**

Largo del acuario = 30 cm

Ancho del acuario = 50 cm

Altura del acuario = 30 cm

Espesor del vidrio = 4 mm

##### **Entonces:**

**Largo del volumen de agua = Largo del acuario - 2 x Espesor**

Largo del volumen de agua del acuario = 30cm - 2 x 4 mm

Largo del volumen de agua del acuario = 30 cm - 8 mm

Largo del volumen de agua del acuario = 30 cm - 0,8 cm

Largo del volumen de agua del acuario = 29,2 cm

**Ancho del volumen de agua = Ancho del acuario - 2 x Espesor**

Ancho del Volumen de agua del acuario = 50 cm – 2 x 4 mm

Ancho del Volumen de agua del acuario = 50 cm – 8 mm

Ancho del Volumen de agua del acuario = 50 cm – 0,8 cm

Ancho del Volumen de agua del acuario = 49,2 cm

**Altura líquida del acuario 100 % = Altura del acuario - espesor**

Altura líquida del acuario (100%) = 30 cm – 4 mm

Altura líquida del acuario (100%) = 30 cm – 0,4 cm

Altura líquida del acuario (100%) = 29,6 cm

**Por lo tanto:**

Volumen total del acuario = 29,2 cm x 49,2 cm x 29,6 cm

Volumen total del acuario = 42524,544cm<sup>3</sup>

Pero: 1 cm<sup>3</sup> = 1ml

Volumen total del acuario = 42524,544 ml

Además: 1 Litro = 1000 ml

Volumen total del acuario = 42524,544 ml x (1L/ 1000 ml)

Volumen total del acuario = 42,52 L

El volumen de agua total del acuario es de 42.52 Litros de capacidad al 100%. Con fines de evitar que los peces salten fuera del acuario, trabajaremos con un volumen de agua del 86% de su capacidad.

42,52 L..... 100%

X ..... 86 %

$$X = (42.52 \text{ L} \times 86\%) / 100\%$$

$$X = 36.56 \text{ L} \sim 36 \text{ Litros}$$

El volumen de agua que se empleará en cada acuario será de 36 litros. Para el bioensayo, pero se hicieron 3 réplicas o repeticiones, observar tabla 7.

**Tabla 7**

*Bioensayo definitivo*

Ensayo N°1	Ensayo N°2	Ensayo N°3	Concentración de nitrato de plomo (ppm)
A1	B1	C1	0
A2	B2	C2	1
A3	B3	C3	5
A4	B4	C4	10
A5	B5	C5	20
A6	B6	C6	50
A7	B7	C7	100

**3.6.2 Cantidad de contaminante que se agregara a los acuarios**

Para determinar el volumen de contaminante de nitrato de plomo que se le debe de agregar a los acuarios y alcanzar así las concentraciones: 1 ppm, 5ppm, 10 ppm, 20ppm, 50 ppm y 100 ppm; se debe de utilizar la siguiente fórmula:  $C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$

Dónde:

$C_1$  = Concentración inicial (concentración de la solución patrón)

$V_1$  = Volumen inicial (volumen a extraer de la solución patrón).

$C_2$  = Concentración final (concentración del contaminante a trabajar en el acuario).

$V_2$  = Volumen final (volumen de agua del acuario)

- Para los acuarios  $A_2$ ,  $B_2$  y  $C_2$ :

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 1 \text{ ppm} \times 36 \text{ litros}$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 1 \text{ ppm} \times 36000 \text{ ml}$$

$$1000 \times V_1 = 1 \times 36000 \text{ ml}$$

$$1000 \times V_1 = 36000 \text{ ml}$$

$$V_1 = 36 \text{ ml}$$

Esto quiere decir que en los acuarios  $A_2$ ,  $B_2$  y  $C_2$ , se le debe de añadir un volumen de 36 ml de contaminante de nitrato de plomo para alcanzar una concentración de 1 ppm (miligramos por litro) de contaminante.

- Para los acuarios  $A_3$ ,  $B_3$  y  $C_3$ :

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 5 \text{ ppm} \times 36 \text{ litros}$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 5 \text{ ppm} \times 36000 \text{ ml}$$

$$1000 \times V_1 = 5 \times 36000 \text{ ml}$$

$$1000 \times V_1 = 180000 \text{ ml}$$

$$V_1 = 180 \text{ ml}$$

Esto quiere decir que en los acuarios A<sub>3</sub>, B<sub>3</sub> y C<sub>3</sub>, se le debe de añadir un volumen de 180 ml de contaminante de nitrato de plomo, para alcanzar una concentración de 5 ppm (miligramos por litro) de contaminante.

- Para los acuarios A<sub>4</sub>, B<sub>4</sub> y C<sub>4</sub>:

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 10 \text{ ppm} \times 36 \text{ litros}$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 10 \text{ ppm} \times 36000 \text{ ml}$$

$$1000 \times V_1 = 10 \times 36000 \text{ ml}$$

$$1000 \times V_1 = 360000 \text{ ml}$$

$$V_1 = 360 \text{ ml}$$

Esto quiere decir que en los acuarios A<sub>4</sub>, B<sub>4</sub> y C<sub>4</sub>, se le debe de añadir un volumen de 360 ml de contaminante de nitrato de plomo, para alcanzar una concentración de 10 ppm (miligramos por litro) de contaminante.

- Para los acuarios A<sub>5</sub>, B<sub>5</sub> y C<sub>5</sub>:

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 20 \text{ ppm} \times 36 \text{ litros}$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 20 \text{ ppm} \times 36000 \text{ ml}$$

$$1000 \times V_1 = 20 \times 36000 \text{ ml}$$

$$1000 \times V_1 = 720000 \text{ ml}$$

$$V_1 = 720 \text{ ml}$$

Esto quiere decir que en los acuarios A<sub>5</sub>, B<sub>5</sub> y C<sub>5</sub>, se le debe de añadir un volumen de 720 ml de contaminante de nitrato de plomo, para alcanzar una concentración de 20 ppm (miligramos por litro) de contaminante.

- Para los acuarios A<sub>6</sub>, B<sub>6</sub> y C<sub>6</sub>:

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 50 \text{ ppm} \times 36 \text{ litros}$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 50 \text{ ppm} \times 36000 \text{ ml}$$

$$1000 \times V_1 = 50 \times 36000 \text{ ml}$$

$$1000 \times V_1 = 1800000 \text{ ml}$$

$$V_1 = 1800 \text{ ml}$$

Esto quiere decir que en los acuarios A<sub>6</sub>, B<sub>6</sub> y C<sub>6</sub>, se le debe de añadir un volumen de 1800 ml de contaminante de nitrato de plomo, para alcanzar una concentración de 50 ppm (miligramos por litro) de contaminante.

- Para los acuarios A<sub>7</sub>, B<sub>7</sub> y C<sub>7</sub>:

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 100 \text{ ppm} \times 36 \text{ litros}$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 100 \text{ ppm} \times 36000 \text{ ml}$$

$$1000 \times V_1 = 100 \times 36000 \text{ ml}$$

$$1000 \times V_1 = 3600000 \text{ ml}$$

$$V_1 = 3600 \text{ ml}$$

Esto quiere decir que en los acuarios A<sub>6</sub>, B<sub>6</sub> y C<sub>6</sub>, se le debe de añadir un volumen de 3600 ml de contaminante de nitrato de plomo, para alcanzar una concentración de 100 ppm (miligramos por litro) de contaminante.

### **3.7 Análisis de Datos**

El coeficiente de relación fue empleado para el análisis de datos, estos valores van desde -1 a +1, lo cual quiere decir que mientras más cercano a +1 sea nuestro valor, nuestro coeficiente de correlación será más confiable.

## IV. Resultados

### 4.1 Concentración Letal Media (Lc50)

En la tabla 8 se observa los resultados del bioensayo preliminar

**Tabla 8**

*Resultados Del Bioensayo Preliminar*

Acuario	Concentración de Nitrato de plomo (ppm)	Porcentaje de Mortalidad (%)
1	0,00	0
2	0,01	0
3	1	0
4	10	0
5	25	0
6	50	20
7	100	100

### 4.2 Resultados Del Bioensayo Definitivo

En la tabla 9 se muestra los resultados del bioensayo definitivo

**Tabla 9**

*Resultados Del Bioensayo Definitivo*

Horas	Número de peces muertos																				
	0 ppm			50 ppm			60 ppm			70 ppm			80 ppm			90 ppm			100 ppm		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
48	0	0	0	0	0	2	0	0	2	2	2	1	2	2	3	2	2	3	2	3	4
72	0	0	0	0	2	0	2	0	3	3	2	1	3	2	2	3	3	3	3	3	3
96	0	0	0	2	0	0	2	4	0	2	3	3	3	2	2	2	3	3	2	3	3

Nota: A1, A2, A3, A4, A5, A6 y A7: Primer ensayo; B1, B2, B3, B4, B5, B6 y B7: Segundo ensayo; C1, C2, C3, C4, C5, C6 y C7: Tercer ensayo

En la tabla 10 se observa la concentración de nitrato de plomo versus porcentaje de mortalidad

**Tabla 10**

*Bioensayo Definitivo*

Concentración	% de
de nitrato de plomo	Mortalidad
0	0

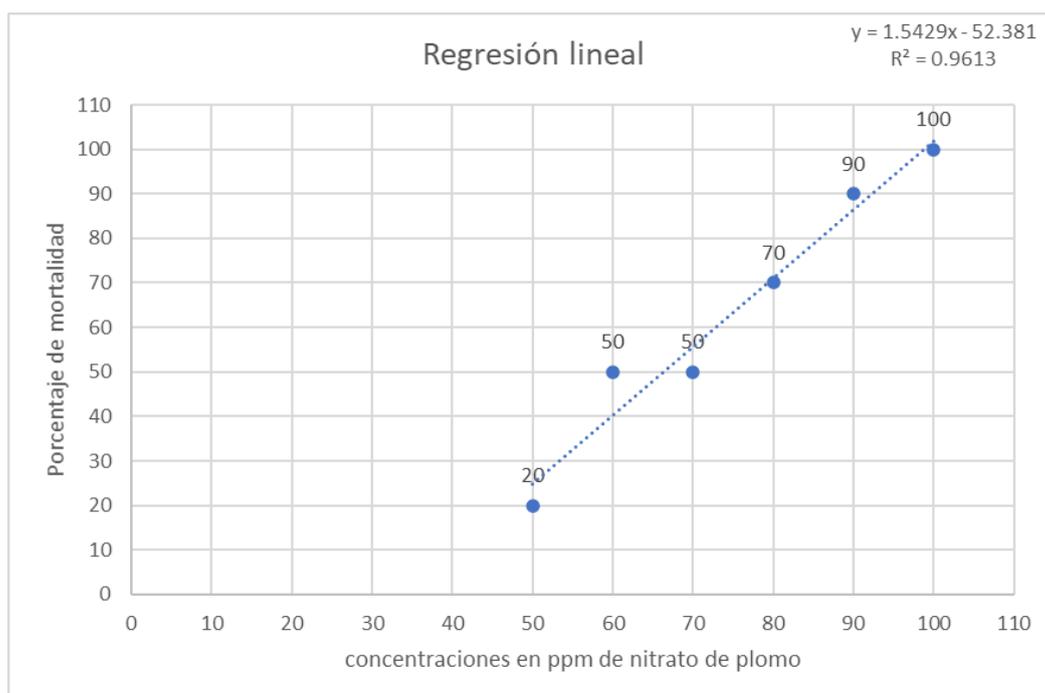
50	20
60	50
70	50
80	70
90	90
100	100

### 4.3 Coeficiente de Correlación

Se aprecia en la figura 17 que  $R^2$  es 0,9613; es decir el 96,13% de las gamitanas que sobrevivieron es explicado por las dosis letales de nitrato de plomo y el 3,87% es por otros factores.

### Figura 17

*Regresión lineal para el bioensayo*



Como el  $R^2$  para la regresión lineal equivale a 0,9613 por lo tanto R es igual a 0,9804, este coeficiente es cercano al +1 por lo tanto brinda confianza al modelo, con lo cual concurre un grado alto de correspondencia entre las variables.

Según la fórmula:

$$Y = 1.5429X - 52.381$$

Para determinar el valor de  $LC_{50}$ , entonces se toma como porcentaje de mortalidad 50% en el eje de ordenadas "Y"; y se reemplaza en la fórmula anterior para poder determinar así la concentración media letal de nitrato de plomo que mata al 50% de la población.

$$Y = 50$$

$$X = LC_{50}$$

Entonces:

$$50 = 1.5429x - 52.381$$

$$0 = 1.5429x - 102.381$$

$$x = \frac{b}{a}$$

$$\text{Por lo tanto } x = \frac{102.381}{1.5429}$$

$$x = 66,36$$

Como se puede visualizar la concentración media letal  $LC_{50}$  de nitrato de plomo para Gamitana, *Colossoma macropomum*, mediante un bioensayo agudo es de 66,36 ppm.

En la tabla 11 se observa la cantidad de peces muertos que hubo en cada hora del bioensayo realizado.

**Tabla 11**

*Control durante el bioensayo acuático*

Hora	A2	A3	A4	A5	A6	A7
	50 ppm	60 ppm	70 ppm	80 ppm	90 ppm	100 ppm
0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0
48	2	2	1	3	3	4
72	0	3	1	2	3	3
96	0	0	3	2	3	3
N° de muertos	2	5	5	7	9	10
total						
% de mortalidad	20	50	50	70	90	100

En la figura 18 se puede observar la cantidad de peces muertos por horas durante el bioensayo final

Figura 18

Peces muertos por horas durante el bioensayo final

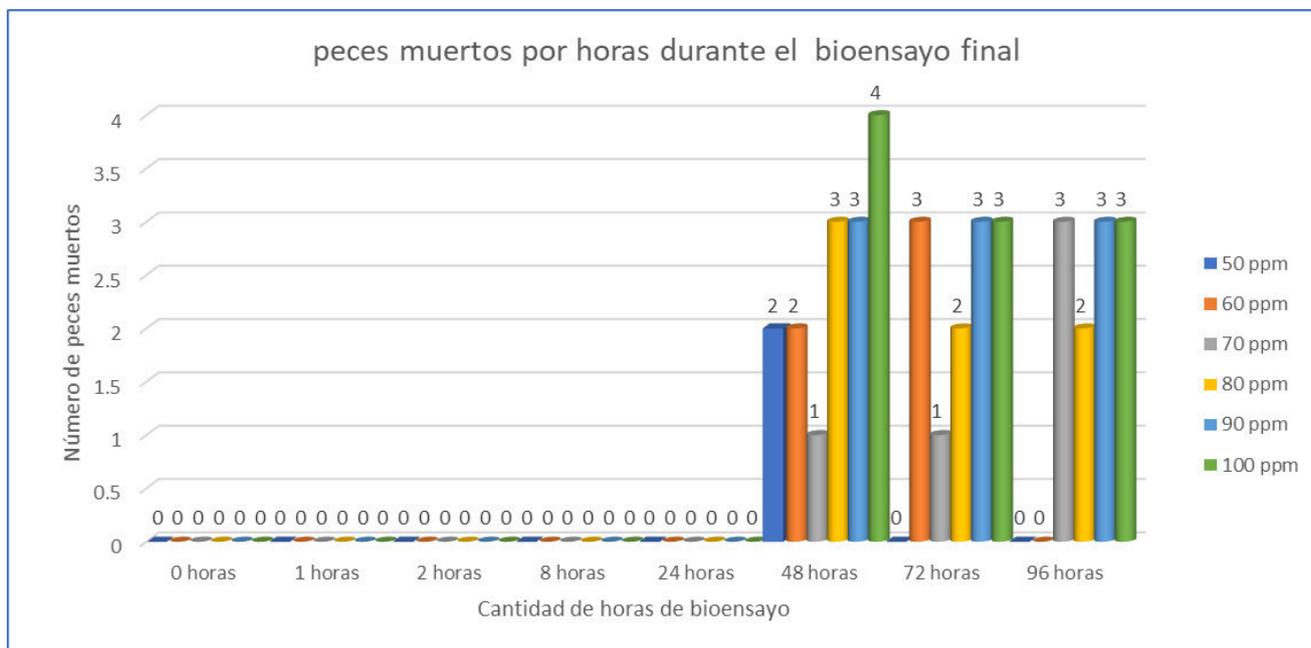


Tabla 12

*Lecturas de pH*

Hora	Acuario 2 Unidades de pH	Acuario 3 Unidades de pH	Acuario 4 Unidades de pH	Acuario 5 Unidades de pH	Acuario 6 Unidades de pH	Acuario 7 Unidades de pH
0	6,54	6,45	6,47	6,51	6,52	6,47
1	6,52	6,49	6,48	6,52	6,53	6,46
2	6,41	6,47	6,49	6,53	6,54	6,47
4	6,48	6,45	6,47	6,54	6,52	6,48
8	6,48	6,41	6,45	6,55	6,51	6,47
24	6,47	6,42	6,41	6,57	6,52	6,45
48	6,55	6,51	6,47	6,54	6,45	6,47
72	6,48	6,43	6,45	6,58	6,51	6,44
96	6,49	6,41	6,47	6,57	6,50	6,41

En la tabla 13 se observa las mediciones de oxígeno disuelto realizados durante el bioensayo

**Tabla 13**

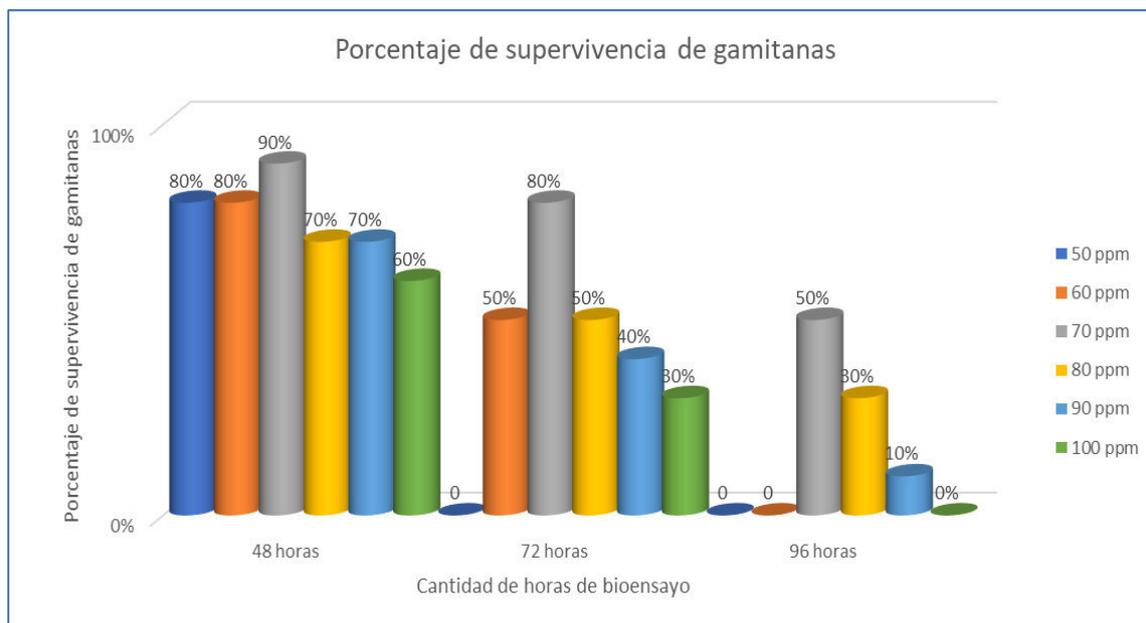
*Mediciones de oxígeno disuelto*

Hora	Acuario 2 mg/l	Acuario 3 mg/l	Acuario 4 mg/l	Acuario 5 mg/l	Acuario 6 mg/l	Acuario 7 mg/l
0	8,09	8,20	8,14	9,21	8,34	8,47
1	8,07	8,17	8,15	8,24	8,36	8,45
2	8,05	8,14	8,17	8,23	8,37	8,46
4	8,03	8,14	8,15	8,27	8,38	8,47
8	8,01	8,15	8,16	8,29	8,39	8,45
24	8,04	8,17	8,17	8,21	8,41	8,41
72	8,07	8,19	8,15	8,27	8,42	8,42
96	8,08	8,14	8,12	8,24	8,43	8,47

En la figura 19 se aprecia el porcentaje de supervivencia de las gamitanas versus la cantidad de horas de bioensayo

**Figura 19**

*Porcentaje de supervivencia de gamitanas*



#### 4.4 Concentración de Plomo Acumulado en Gamitanas

Luego de analizar la acumulación de plomo en las muestras de los especímenes de gamitana, se registraron los siguientes resultados que se pueden apreciar en la tabla 14 y en la figura 20.

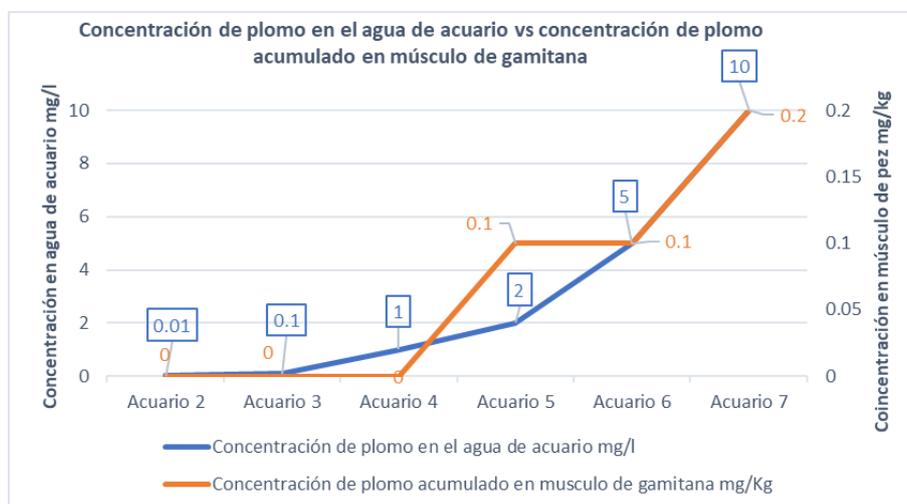
**Tabla 14**

*Concentración de plomo (mg/kg) en especímenes de gamitana*

Código de acuario	N° de gamitanas	Concentración de Plomo (mg/kg)
A2	10	<0,1
A3	10	<0,1
A4	10	<0,1
A5	10	0,1
A6	10	0,2
A7	10	0,2

**Figura 20**

*Concentración de plomo en el agua de acuario vs concentración de plomo acumulado en músculo de gamitana*



*Nota.* Mientras más sea la concentración de plomo en el agua de acuario, la concentración de plomo acumulado en musculo de gamitana será mayor. Elaboración propia.

#### **4.5 Efectos del Plomo en los Alevinos de *Colossoma macropomum***

Los alevinos de gamitana del acuario control se comportaron con normalidad, en los acuarios restantes se observó natación errática y las branquias cambiaron de un color rojo a gris.

## V. Discusión de Resultados

- En comparación con los resultados de Cucho (2009), LC 50 en 64,302 ppm para alevinos de tilapia roja *Oreochromis spp* usando nitrato de plomo, no se presenta una diferencia considerable para el presente trabajo, y se determina que la tilapia roja resiste en menor medida a las concentraciones de plomo que la gamitana que fue de 66,36 ppm.
- Según Nuñez y Hurtado. (2014), los valores del LC<sub>50</sub> al cabo de 48 horas de exposición fue de 50,94 ppm en *Daphnia magna* muestran una diferencia muy amplia en comparación con el presente trabajo, con lo cual se determina que la gamitana resiste concentraciones más altas de nitrato de plomo.
- En comparación con los resultados de Christensen (1975) en truchas (*Salvelinus fontinalis*) a nitrato de plomo, entre 0,057 mg/l y 0,53 mg/l, el LC<sub>50</sub> para la gamitana fue de 66,36 ppm, esto nos indica que la gamitana es un pez más resistente a concentraciones altas de plomo.
- En comparación con los resultados de Tomaila (2018) que determino una LC<sub>50</sub> de 282 ppm usando nitrato de plomo en pez neón tetra, *Paracheirodon innesi*. Se determina que el pez neon es más resistente al plomo que la gamitana, cuyo LC<sub>50</sub> fue de 66,36 ppm esto se puede deber a que es un pez muy pequeño con lo cual su capacidad de acumulación queda limitada.
- El resultado obtenido LC<sub>50</sub> = 66,36 mg/l, es mayor a los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua, que establece una concentración de 0,001 mg/l de plomo para la Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, subcategoría E2 Ríos y la concentración 0,05 mg/l de plomo que establece para la categoría 3: Riego de vegetales

y bebida de animales, sin embargo, según los resultados de la investigación la concentración de 1,68 mg/l de plomo es perjudicial a la sobrevivencia de la especie.

## VI. Conclusiones

- La concentración media letal (LC<sub>50</sub>) de plomo después de 96 horas de exposición a los alevinos de carpas *Colossoma macropomum* fue de 66,36 ppm.
- A los alevinos de gamitana expuestos a nitrato de plomo se les realizó un análisis de concentración de plomo en los especímenes muertos, y se determinó para la concentración de nitrato de plomo de 50 ppm fue < 0,1 mg/Kg; para 60 ppm fue de < 0,1 mg/Kg, para 70 ppm fue de < 0,1 mg/Kg, para 80 ppm fue 0,1 mg/Kg; para 90 ppm fue 0,2 mg/Kg y para 100 ppm fue 0,2 mg/Kg, en muestras secas.
- Las tres repeticiones o réplicas del ensayo presentaron la misma concentración media letal (LC<sub>50</sub>) a las 96 horas de exposición.
- Los peces expuestos a concentraciones altas presentaron pérdida de la estabilidad, nado lento y en el fondo del acuario, síntomas de asfixia “boqueo” en la superficie del agua y nado en forma circular en otros.
- La concentración de nitrato de plomo en el agua es directamente proporcional a la concentración del plomo bioacumulado por las gamitanas; es decir mientras se incrementa la concentración del tóxico de nitrato de plomo en el agua, se incrementará también la cantidad de plomo bioacumulado por las especies expuesta a dicho tóxico.
- Debido al poco tiempo de exposición al metal no hubo diferencias significativas en los órganos internos entre un individuo expuesto y uno que no lo está.
- Una concentración de 100 ppm resulta letal en las gamitanas provocando la muerte de todos los individuos
- Se puede decir que, comparados los resultados ante la exposición al contaminante, plomo, las especies tiene una tolerancia diferente. La *Daphnia Pulex* es menos resistente al plomo que los alevinos de *Colossoma macropomum* y los alevinos de

*Oreochromis spp* tienen una resistencia similar a los alevinos de alevinos de *Colossoma macropomum* y pez neón tetra, *Paracheirodon innesi* es más resistente que la gamitana.

## VII. Recomendaciones

- Se recomienda realizar ensayos con la misma especie *Colossoma macropomum* utilizando otros metales bioacumulativos como el mercurio.
- Se recomienda continuar el ensayo con el mismo metal, plomo en otras especies amazónicas.

### VIII. Referencias

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2007). Toxicological profile for Lead. <https://www.atsdr.cdc.gov/>
- Bautista, F. (1999). *Introducción al estudio de la contaminación del suelo por metales pesados*. Editorial Universidad Autónoma de Yucatán.
- Bermejo A. (1982) *El plomo: presencia y efectos*. Editorial Universidad de Santiago de Compostela.
- Burgos, M. (1999) *Malformaciones encontradas en alevines de salmón del atlántico (Salmo salar) provenientes de ovas nacionales e importadas en una piscicultura de la Décima Región*. [Tesis de Título Profesional]. Universidad Austral de Chile.
- Campos L. (2015) *El cultivo de la gamitana en Latinoamérica*. Editorial Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.
- Christensen, G. (1975). Biochemical effects of methylmercuric chloride, cadmium chloride, and lead nitrate on embryos and alevins of the brook trout, *Salvelinus fontinalis*. *Toxicol Appl Pharmacol*, 32(1), 191-197. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0041008X77800379>
- Corrales, M. (2018). *Bioensayo Agudo Con Cianuro Total en alevines de tilapia gris, Oreochromis niloticus (Linnaeus, 1758) en ambiente controlado*. [Tesis de Título Profesional]. Universidad Nacional Federico Villarreal.
- Corzo, I. y Velásquez, M. (2014). *El Plomo y sus efectos en la Salud*. Revista Acta Médica del Centro, 8(3), 141-148.

- Cucho M. (2009) *Bioensayo agudo en alevinos de tilapia roja (Oreochromis spp)*. [Tesis de Título Profesional]. Universidad Nacional Federico Villarreal.
- Díaz Cartagena, A. (2009). *Contaminación por plomo en una zona urbano marginal del Callao en Perú*. <https://www.gestiopolis.com/contaminacion-plomo-zona-urbano-marginal-callaoperu/>
- Ebrahimi, M. y Taherianfard, M. (2011). *Pathological and hormonal changes in freshwater fishes due to exposure to heavy metals pollutants*. *Revista Water Air Soil pollution*, 2(17), 47-55.
- Environmental Protection Agency [EPA]. (2004). *Human Health Research Strategy*. [http://www.epa.gov/nheerl/humanhealth/HHRS\\_final\\_web.pdf](http://www.epa.gov/nheerl/humanhealth/HHRS_final_web.pdf)
- Eufracio P. y Palomino A. (2012). *Manual de Cultivo de Gamitana*. [http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/3/jer/ACUISUBMENU4/manual\\_gamitana.pdf](http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/3/jer/ACUISUBMENU4/manual_gamitana.pdf)
- Goulding, M. y Carvalho, L. (1982). *Life History and Management of the Tambaqui (Colossoma macropomum, characidae) An Important Amazonian Food Fish*. *Revista Brasileira de Zoología*, 1 (2), 107-133. <https://www.semanticscholar.org/paper/Life-history-and-management-of-the-tambaqui-an-food-Goulding-Carvalho/82cf2a859ef2b7993218de1e9fee5755e090783d>
- Gutiérrez de Salazar, M. (2004). *Implicaciones de la Intoxicación por Mercurio*. *Revista Medicina*, 26 (2), 81-85. <https://revistamedicina.net/ojsanm/index.php/Medicina/article/view/65-2>

- Hodson, P., Blunt, B., Jensen, D. y Morgan, S. (1979). *Effect of fish age on predicted and observed chronic toxicity of lead to rainbow trout in Lake Ontario water*. *Diario Great Lakes Res*, 5(1), 84-89. <https://www.osti.gov/biblio/5997719-effect-fish-age-predicted-observed-chronic-toxicity-lead-rainbow-trout-lake-ontario-water>
- Holcombe, G., Benoit, D., Leonard, E. y McKim, J. (1976). *Long-term effects of lead exposure on three generations of brook trout (Salvelinus fontinalis)*. *Revista Journal of the Fisheries Research Board of Canada*. 33(8), 1731-1741.
- Iannacone, O. y Ramirez R (2000). Una técnica de bioensayo empleando ciliados de vida libre *Stentor coeruleus* Enreberg y *Spirostomon ambiguum* Enreberg para la evaluación de los efectos de mercurio y arsénico. *Revista Acta Toxicológica Argentina*. 8(1), 5-9.
- Inter-American Institute for Cooperation in Agriculture. (2010). *Atlas de la agroenergía y los biocombustibles en las Américas: II Biodiésel*.  
[http://iica.int/Esp/Programas/Innovacion/Publicaciones\\_TeI/B1884e.pdf](http://iica.int/Esp/Programas/Innovacion/Publicaciones_TeI/B1884e.pdf)
- Jiménez, B. (2001). *La Contaminación Ambiental en México*. Editorial Limusa.
- Krantz, D. y Kifferstein, B. (2005). *Water pollution and society*. Universidad de Michigan.  
[www.umich.edu/gs265/society/waterpollution](http://www.umich.edu/gs265/society/waterpollution)
- Ministerio de Energía y Minas (MEM). (2013). *La Importancia de la Minería en el Perú*.  
[https://www.minem.gob.pe/\\_publicacion.php?idSector=1&idPublicacion=567](https://www.minem.gob.pe/_publicacion.php?idSector=1&idPublicacion=567)
- Ministerio de Salud (MINSA). (2015). *Una mirada al Plomo, Riesgo para la salud pública*. *Boletín Epidemiológico*. 24(15), 296-297.

- Molina, G. (2005). *Bioensayo agudo con mercurio en juveniles de camarón de río *Cryphios caementarius* en un ambiente controlado*. [Tesis de Título Profesional]. Universidad Nacional Federico Villarreal.
- Núñez M. y Hurtado J. (2014) *Bioensayos de toxicidad aguda utilizando *Daphnia magna* Straus (Cladocera, Daphniidae) desarrollada en medio de cultivo modificado*. *Revista peruana de Biología*. 12(1), 165-170.
- Osorio A. (2010) *Efectos del Nitrato de Plomo en la Embriogenesis De La Trucha Arcoíris *Oncorhynchus mykiss**. [Tesis de Título Profesional, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio Institucional de la Pontificia Universidad Javeriana. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/9791/tesis73.pdf;sequence=1>
- Prieto, J. (2009). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua, *Revista Tropical and Subtropical Agroecosystems*.10(1) 29-44.
- Posada, M. y Arroyave, M. (2006). *Efectos del mercurio sobre algunas plantas*. Editorial El País.
- Ramírez, A. (1999). *Pruebas de toxicidad. Ecología aplicada: diseño y análisis estadístico*. Editorial Universidad de Bogotá.
- Rodés, J, Piqué, J, y Trilla A. (2007). *Libro de la salud del Hospital Clínica de Barcelona y la Fundación BBVA*. Editorial Fundación BBVA. [https://www.fbbva.es/wp-content/uploads/2017/05/dat/DE\\_2007\\_salud\\_clinic\\_barcelona.pdf](https://www.fbbva.es/wp-content/uploads/2017/05/dat/DE_2007_salud_clinic_barcelona.pdf)
- Rubio, C. (2004). El Plomo como contaminante alimentario. *Revista de Toxicología*, 21(2-3), 72-80. <https://www.redalyc.org/pdf/919/91921303.pdf>

- Saint-Paul, U. y Soares, M. (1988). Ecomorphological adaptations to oxygen deficiency in Amazon Floodplain by serrasalmid fish of the genus *Mylossoma*. *Revista Fish Biology*, 32(7), 231-236.
- Salazar, G. (2001). *Consideraciones generales sobre la acuicultura. Fundamentos de Acuicultura continental*. Revista Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA). <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/34935>
- Sanchez, L. y Andrade, P. (2009). *Determinación de la concentración letal media (CL50-96) del cianuro, por medio de bioensayos sobre alevinos de trucha arcoíris (Onconrhyinchus mykiis)*. [Tesis de Título Profesional]. Universidad de la Salle.
- Sandor, Z. (2001). *Trace metal levels in freshwater fish, sediment, and water*. *Revista Environmental Science and Pollution*. 8 (4), 265-268.
- Saucedo Plata, E. (2014). *Suelos contaminados con elementos potencialmente tóxicos un nuevo método de detección*. Editorial Palibrio.
- Tabche, L., Martinez, C. y Sánchez, E. (1990). Comparative study of toxic lead effect on gill and hemoglobin of tilapia fish. *Revista Journal of Applied Toxicology*, 10(3), 74-96.
- Tomaila J. (2018). *Toxicidad De Los Metales: Arsénico, Cadmio, Mercurio Y Plomo Sobre El Pez Paracheiroidon innesi, Neon Tetra (Characidae)*. [Tesis de Maestría]. Universidad Nacional Federico Villarreal.
- Valverde, S. (2015). *Bioensayo agudo con sulfato de cobre en alevinos de carpa Cyprinus carpio (Linnaeus, 1758) y su posible impacto debido a la actividad minera*. [Tesis de Maestría]. Universidad Nacional de Ingeniería.

- Werder, U. y Soares, G. (1982). Age Determination by sclerite number, and scale variation in six fish species from the central Amazon (Characidae). *Revista Amazoniana*, 8(3), 395-420. [https://pure.mpg.de/rest/items/item\\_3151260\\_1/component/file\\_3151261/content](https://pure.mpg.de/rest/items/item_3151260_1/component/file_3151261/content)
- Zambrano, W. (1983). *Evaluación biológica de la lisa (Mugil cephalus) frente al metanol utilizando métodos radioquímicos contribución a la Toxicología Marina*. [Tesis de Título Profesional]. Universidad Nacional Federico Villarreal.

## IX. Anexos

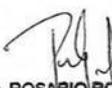
## Anexo A: Informe de ensayo plomo en peces mg/kg


**INFORME DE ENSAYO**  
 N° 3000-01-2017

**Solicitante:** Ramírez Tumba, Carina  
**Dirección:** Cooperativa Umamarca Mz A-1 Lote29 San Juan de Miraflores  
**Procedencia de la muestra :** FACULTAD DE OCEANOGRAFIA PESQUERIA , CIENCIAS ALIMENTARIAS Y ACUICULTURA - FOPCAA-MIRAFLORES  
**Tipo de Matriz:** Musculo de pez  
**Plan de Muestreo:** -----  
**Solicitud de Ensayo:** 3000  
**Fecha de Recepción de la muestra:** 17.11.2017  
**Fecha de Muestreo :** 17.11.2017  
**Responsable de Muestreo :** El Cliente

Código de Laboratorio:	07-0555	07-0556	07-0557	07-0558	07-0559	07-0560			
Descripción del Punto de Muestreo:	Acuario 1 10:00 horas	Acuario 2 10:10 horas	Acuario 3 10:20 horas	Acuario 4 10:30 horas	Acuario 5 10:40 horas	Acuario 6 10:50 horas			
Ensayos	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Unidad	Fecha de Ensayo	Método de Ensayo
Plomo	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	0.2	0.2	mg/Kg	28.11.17	EPA 7473 - SM 3112 B

**Referencia de Métodos de Ensayo:**  
 SM: Standard Methods For The Examination Of Water And Waste Water, 22nd Edic. APHA, AWWA, WEF 2012.  
 EPA: Mercury in solids and solutions by thermal decomposition, amalgamation, and atomic absorption spectrophotometry  
**Condición y Estado de la Muestra Ensayada:** Las muestras fueron recepcionadas en condiciones de conservación y preservación adecuadas para cada parámetro.  
**Nota:**  
 Muestra Simple  
 (h): Hora de recolección  
 <: menor al límite de detección.

  
 Quim. ROSARIO ROCA E.  
 C.Q.P. 820  
 Jefe de Laboratorio  
 Laboratorios Analíticos JyR S.A.C.

Lima, 27 de Noviembre del 2017

Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General - LABORATORIOS ANALITICOS JYR S.A.C. Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras analizadas.  
 Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.  
 El tiempo de validez de la muestra es de un mes a partir de la fecha de muestreo y análisis.

Código de En: \_\_\_\_\_  
 Versión 06  
 Fecha: 02-05-11

Pag. 2 de 2

**Av. Conquistadores 850 - San Isidro**  
**Telf. 440-0345 RPM #97679-2222 RPC 98794-6413 98932-0083**  
**e-mail: l.franco@labanjyr.com - m.millones@labanjyr.com - www.labanjyr.com**



**Anexo C: Formato del cuadro de control durante el bioensayo acuático**

HORA	ACUARIO 1	ACUARIO 2	ACUARIO 3	ACUARIO 4	ACUARIO 5	ACUARIO 6
	CONCENTRACIÓN	CONCENTRACIÓN	CONCENTRACIÓN	CONCENTRACIÓN	CONCENTRACIÓN	CONCENTRACIÓN
	0 ppm	0,2 ppm	0,4 ppm	0,6 ppm	0,8 ppm	1 ppm
0						
1						
2						
8						
24						
48						
72						
96						
N° DE MUERTOS A LAS 96 HORAS						
% DE MORTALIDAD A LAS 96 HORAS						

## Anexo D: ECA del agua para aguas superficiales para recreación

569080

NORMAS LEGALES

Sábado 19 de diciembre de 2015 / El Peruano

$$\frac{\text{Cloroformo}}{\text{ECAcloroformo}} + \frac{\text{Dibromoclorometano}}{\text{ECA dibromoclorometano}} + \frac{\text{Bromodibromoclorometano}}{\text{ECA bromodibromoclorometano}} + \frac{\text{Cromoformo}}{\text{ECA bromoformo}} \leq 1$$

Dónde:

C = Concentración en mg/L y

ECA: Estándar de Calidad Ambiental en mg/L (Se mantiene las concentraciones del Bromoformo, Cloroformo, Dibromoclorometano y Bromodibromoclorometano)

(d) Aquellos organismos microscópicos que se presentan en forma unicelular, en colonias, en filamentos o pluricelulares.

- \*\*: No presenta valor en ese parámetro para la sub categoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales salvo que se indique lo contrario.

- Δ 3: variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada

### CATEGORÍA 1 - B

PARÁMETRO	UND	Aguas superficiales destinadas para recreación	
		B1	B2
		Contacto primario	Contacto secundario
<b>FÍSICOS - QUÍMICOS</b>			
Aceites y grasas	mg/L	Ausencia de película visible	**
Cianuro Libre	mg/L	0,022	0,022
Cianuro Wad	mg/L	0,08	**
Color	Color verdadero escala Pt/Co	Sin cambio normal	Sin cambio normal
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	5	10
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	30	50
Detergentes (SAAAM)	mg/L	0,5	Ausencia de espuma persistente
Materiales Flotantes de origen antropogénico		Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	10	**
Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	1	**
Olor	Factor de dilución a 25° C	Aceptable	**
Oxígeno Disuelto (Valor Mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,0 a 9,0	**
Sulfuro	mg/L	0,05	**
Turbiedad	UNT	100	**
<b>INORGÁNICOS</b>			
Aluminio	mg/L	0,2	**
Antimonio	mg/L	0,006	**
Arsénico	mg/L	0,01	**
Bario	mg/L	0,7	**
Berilio	mg/L	0,04	**
Boro	mg/L	0,5	**
Cadmio	mg/L	0,01	**
Cobre	mg/L	2	**
Cromo Total	mg/L	0,05	**
Cromo VI	mg/L	0,05	**
Hierro	mg/L	0,3	**
Manganeso	mg/L	0,1	**
Mercurio	mg/L	0,001	**
Níquel	mg/L	0,02	**

PARÁMETRO	UND	Aguas superficiales destinadas para recreación	
		B1	B2
		Contacto primario	Contacto secundario
Plata	mg/L	0,01	0,05
Plomo	mg/L	0,01	**
Selenio	mg/L	0,01	**
Uranio	mg/L	0,02	0,02
Vanadio	mg/L	0,1	0,1
Zinc	mg/L	3	**
<b>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO</b>			
Coliformes Totales (35-37°C)	NMP/100 ml	1000	4 000
Coliformes Termotolerantes (44,5°C)	NMP/100 ml	200	1 000
Escherichia coli	E.coli /100 ml	Ausencia	Ausencia
Formas parasitarias	N° Organismo/L	0	**
Giardia duodenalis	N° Organismo/L	Ausencia	Ausencia
Enterococos intestinales	NMP/100 ml	200	**
Salmonella sp	Presencia/100 ml	0	0
Vibrio cholerae	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia

- UNT : Unidad Nefelométrica de Turbiedad

- NMP/100 ml : Número más probable en 100 ml

- \*\*: No presenta valor en ese parámetro para la sub categoría.

### CATEGORÍA 2

PARÁMETRO	UNIDAD	CATEGORÍA 2			
		AGUA DE MAR		AGUA CONTINENTAL	
		Sub Categoría 1 (C1)	Sub Categoría 2 (C2)	Sub Categoría 3 (C3)	Sub Categoría 4 (C4)
		Extracción y Cultivo de Moluscos	Extracción y cultivo De otras Especies hidrobiológicas	Otras Actividades	Extracción y cultivo De otras Especies hidrobiológicas
<b>FÍSICOS - QUÍMICOS</b>					
Aceites y grasas	mg/L	1,0	1,0	2,0	1,0
Cianuro Wad	mg/L	0,004	0,004	**	0,0052
Color (después de filtración simple) (b)	Unidad de Color verdadero escala Pt/Co	100 (a)	100 (a)	**	100 (a)
Materiales Flotantes de origen antropogénico		Ausencia de material flotante	Ausencia de Material Flotante	Ausencia de Material Flotante	Ausencia de Material Flotante
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	**	10	10	10
Fósforo Total	mg/L	0,052	0,052	**	0,025
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	16	16	**	13
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥4	≥3	≥2,5	≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	7 - 8,5	6,8 - 8,5	6,8 - 8,5	6,0-9,0
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	80	60	70	**

## Anexo E: ECA del agua para aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

El Peruano / Sábado 19 de diciembre de 2015		NORMAS LEGALES			569079
PARÁMETRO	UND	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable			
		A1	A2	A3	
		Aguas que Pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser Potabilizadas con Tratamiento Avanzado	
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500	
Sulfatos	mg/L	250	500	**	
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	**	
Turbiedad	UNT	5	100	**	
<b>INORGÁNICOS</b>					
Aluminio	mg/L	0,9	5	5	
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**	
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15	
Bario	mg/L	0,7	1	**	
Bario	mg/L	0,012	0,04	0,1	
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4	
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01	
Cobre	mg/L	2	2	2	
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05	
Hierro	mg/L	0,3	1	5	
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5	
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002	
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**	
Níquel	mg/L	0,07	**	**	
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05	
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05	
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02	
Zinc	mg/L	3	5	5	
<b>ORGÁNICOS</b>					
<b>I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES</b>					
Hidrocarburos de petróleo emulsionado o disueltos (C10 - C28 y mayores a C28 )	mg/L	0,01	0,2	1,0	
Trihalometanos	(a)	1,0	1,0	1,0	
Bromoformo	mg/L	0,1	**	**	
Cloroformo	mg/L	0,3	**	**	
Dibromoclorometano	mg/L	0,1	**	**	
Bromodiorometano	mg/L	0,06	**	**	
<b>Compuestos Orgánicos Volátiles</b>					
1,1,1-Tricloroetano	mg/L	0,2	0,2	**	
1,1-Dicloroetano	mg/L	0,03	**	**	
1,2 Dicloroetano	mg/L	0,03	0,03	**	
1,2 Diclorobenceno	mg/L	1	**	**	
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	**	
Tetracloroetano	mg/L	0,04	**	**	
Tetracloro de carbono	mg/L	0,004	0,004	**	
<b>TRICLOROETENO</b>					
Tricloroetano	mg/L	0,07	0,07	**	
<b>BTEX</b>					
Benceno	mg/L	0,01	0,01	**	
Etilbenceno	mg/L	0,3	0,3	**	
Tolueno	mg/L	0,7	0,7	**	
Xilenos	mg/L	0,5	0,5	**	
<b>Hidrocarburos Aromáticos</b>					
Benzo(a)pireno	mg/L	0,0007	0,0007	**	
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,009	0,009	**	
<b>Organofosforados:</b>					
Malatión	mg/L	0,19	0,0001	**	
<b>Organoclorados</b>					
Aldrin + Dieldrin	mg/L	0,00003	0,00003	**	
Clordano	mg/L	0,0002	0,0002	**	
DDT	mg/L	0,001	0,001	**	
Endrin	mg/L	0,0006	0,0006	**	
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	0,00003	0,00003	Retirado	
Lindano	mg/L	0,002	0,002	**	
<b>Carbamatos:</b>					
Aldicarb	mg/L	0,01	0,01	**	
<b>Policloruros Bifenilos Totales</b>					
PCB's	mg/L	0,0005	0,0005	**	
<b>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS</b>					
Coliformes Totales (35-37°C)	NMP/100 ml	50	5 000	50 000	
Coliformes Termotolerantes (44,5°C)	NMP/100 ml	20	2 000	20 000	
Formas parasitarias	N° Organismo/L	0	**	**	
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	0	**	**	
<i>Microcistina-LR</i>	mg/L	0,001	0,001	**	
<i>Vibrio cholerae</i>	Presencia/100ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia	
Organismos de vida libre (algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nematodos, en todos sus estadios evolutivos) (d)	N° Organismo/L	0	<5x10 <sup>4</sup>	<5x10 <sup>4</sup>	

- (a) Para aguas claras. Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural)
- (b) Después de la filtración simple
- (c) Para el cálculo de los Trihalometanos, se obtiene a partir de la suma de los cocientes de la concentración de cada uno de los parámetros (Bromoformo, Cloroformo, Dibromoclorometano y Bromodiorometano), con respecto a sus estándares de calidad ambiental; que no deberán exceder el valor de 1 de acuerdo con la siguiente fórmula:

## Anexo F: Solicitud de ensayo para determinar la concentración de plomo



### SOLICITUD DE ENSAYO

Fecha: 16.11.2017

Cotización de Servicio N°:

S.E: **3000**

N° DE REFERENCIA : correo

#### DATOS DEL SOLICITANTE:

Nombre : FOPCAA	Persona de contacto: José Raffo
Dirección : Calle Roma N°350	
Teléfono: ---	Correo: ----

Tipo de Matriz : Agua	Fecha de Muestreo : 17 y 18 de Noviembre de 2017
Tipo de Muestreo : Simple	
Muestreo efectuado por : El cliente	Fecha de entrega de muestras: 17 y 18 de Noviembre de 2017
Procedencia de la Muestra : FOPCAA	
Punto de Muestreo : Acuario 1, Acuario 2, Acuario 3, Acuario 4, Acuario 5, Acuario 6	
Referencia al plan y al procedimiento de muestreo: El Cliente	

N°	Tipo matriz	A / NA	Ensayo	Método de Ensayo	Cantidad de ensayos
01	AP	A	Mercurio Total	SM 3112 B - Edición 22nd - Año 2012	06
02	AP	A	Plomo Total	SM 3111 B - Edición 22nd - Año 2012	06
03	○	A	Mercurio Total	SM 3112 B - Edición 22nd - Año 2012	06
04	○	A	Plomo Total	SM 3111 B - Edición 22nd - Año 2012	06

#### Observaciones:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- La(s) muestra(s) para ensayos serán desechadas por el laboratorio
- La custodia de la muestra de referencia queda en poder de LABORATORIOS ANALITICOS J y R (NO APLICA)
- Informar la incertidumbre del método de ensayo si ( ) ; no (X)

Fecha de entrega de los resultados : 01/ Diciembre / 2017

Solicitud atendida por : Leticia Franco

Leyenda			
Tipo de matriz			
Agua			
Residual (Doméstico, municipal e Industrial)	AR	Aire (A)	suelo (S)
Consumo (envasada y potable)	ACE - ACP	Emisiones Gaseosas: EG	Ruido (R)
Natural (superficial y subterránea)	ANS - ANT	Estación Meteorológica: EM	Ruido Ambiental : RA
Salina (De mar / Salobres)	AM		Ruido Ocupacional: RO
Tipo de Muestreo: simple, compuesta, integrado			
A	acreditado		
NA	No acreditado		

*(Handwritten mark)*