

# Universidad Católica de Santa María

## Facultad de Ciencias Farmacéuticas, Bioquímicas y Biotecnológicas

### Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica



### NIVELES DE METALES PESADOS CROMO, ARSENICO, PLOMO Y MERCURIO EN CEFALOTORAX DE *CRYPHIOPS CAEMENTARIUS* (CAMARÓN) EN LOS RÍOS OCOÑA, MAJES Y TAMBO AREQUIPA 2016.

Tesis presentada por la Bachiller:  
**Monroy Piérola, Carmen Rossana**

Para optar el Título Profesional de:  
**Químico Farmacéutico**

Asesor: Dr. Díaz Murillo, Henry

AREQUIPA – PERÚ

2018

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA  
Facultad de Ciencias Farmacéuticas, Bioquímicas  
y Biotecnológicas  
Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica

Expediente N°. 20160000047732  
N° Trámite en Fac. 1697-2016  
Fecha 15-11-2016

FORMATO DE TITULACION PROFESIONAL

DE: **MONROY PIEROLA, Carmen Rossana**

TITULO DEL PROYECTO DE TESIS:

"CONCENTRACION DE METALES PESADOS CROMO, ARSENICO, PLOMO MERCURIO EN  
CEFALOTORAX DE *Cryphiops caementarius* EN LOS RIOS OCOÑA, MAJES Y TAMBO.  
AREQUIPA 2016"

DICTAMINADORES: 1) **Dr. Jaime Cárdenas García** 2) **Q. F. Juan Ramírez Orellana**

**DICTAMEN DE PLAN:** Señor Decano de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas, Bioquímicas y Biotecnológicas, en atención a su designación, como Dictaminadores del Plan de Tesis presentado por las recurrentes, se ha procedido a la revisión del mismo, sugiriendo se cambie el título a: "CONCENTRACIONES DE METALES PESADOS CROMO, ARSENICO, PLOMO Y MERCURIO EN CEFALOTORAX DE *Cryphiops caementarius* EN LOS RIOS OCOÑA, MAJES Y TAMBO AREQUIPA 2016", y después de realizadas las correcciones y sugerencias correspondientes, consideramos se encuentra APTO para continuar con los trámites estipulados en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad

Atentamente  
Firmas:

(Devolver antes de 8 días hábiles)

Fecha 22/05/17

**ASESOR:** **Elgo. Henry Díaz Murillo** Señor Decano de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas, Bioquímicas y Biotecnológicas, en atención a su designación como Asesor en el presente Trabajo de Investigación, cumpla con informar que este se ha desarrollado de acuerdo a los objetivos trazados y se encuentra APTO para continuar con los trámites estipulados en el Reglamento de Grados y Títulos de nuestra Facultad.

Firma:

29/05/17

DICTAMEN ASESORIA:

Firma

Fecha

DICTAMINADORES BORRADOR DE TESIS:

- 1) **Dr. José Villanueva Salas** 2) **Dr. Jaime Cárdenas García**  
3) **Q. F. Juan Ramírez Orellana**

**DICTAMEN FINAL:** Señor Decano de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas, Bioquímicas y Biotecnológicas, en atención a su designación, hemos procedido a revisar el Borrador de Tesis presentado por el recurrente, debiendo cambiar el título a: "NIVELES DE METALES PESADOS CROMO, ARSENICO, PLOMO Y MERCURIO EN CEFALOTORAX DE *Cryphiops caementarius* (CAMARON) EN LOS RIOS OCOÑA, MAJES Y TAMBO. AREQUIPA 2016", y habiéndose cumplido con las correcciones respectivas, consideramos que el presente trabajo de investigación se encuentra APTO para continuar con el trámite, en conformidad al Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad.

Atentamente  
Firma

(Devolver antes de 15 días hábiles) Fecha

JURADOS: Presidente **Dr. José Villanueva Salas.**  
Vocal **Dr. Jaime Cárdenas García**  
Secretario **Q. F. Juan Ramírez Orellana**

SUSTENTACIÓN DE TRABAJO:

Fecha: 05/06/18 Hora: 19.00 Local: C- 402 (SUM)

DECANO

22/05/18

## PRESENTACIÓN:

Sr. Decano de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas, Bioquímicas y Biotecnológicas.

Sr. Director del Programa Profesional de Farmacia y Bioquímica.

Srs. Jurados.

De conformidad con las disposiciones del Reglamento de Grados y Títulos del Programa Profesional de Farmacia y Bioquímica, pongo a su consideración el presente trabajo titulado: “Niveles de Metales Pesados Cromo, Arsénico, Plomo y Mercurio en Cefalotórax de *Crysphiops Caementarius* (camarón) en los ríos Ocoña, Majes (Camaná) y Tambo-Arequipa”, el cual de merecer su aprobación me permitirá optar el título Profesional de Químico Farmacéutico.

El presente trabajo consta de los siguientes capítulos: Planteamiento del Problema, Marco Teórico, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión. Quiero expresar mi agradecimiento a las autoridades de mi Facultad de Ciencias Farmacéuticas, Bioquímicas y Biotecnológicas y muy especial al Programa Profesional de Farmacia y Bioquímica por su apoyo brindado al desarrollo de mi tesis.

**Carmen Rossana Monroy Piérola**  
Bachiller en Farmacia y Bioquímica

## **AGRADECIMIENTO:**

Mi agradecimiento eterno y con todo mi amor a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de este camino, dándome la fortaleza para afrontar los retos de la vida y gracias por regalarme una maravillosa familia.

Muy especial mi agradecimiento a mis padres, Luis y Carmen por estar conmigo a lo largo de mi carrera profesional, quienes con su amor me alentaron a cumplir mis sueños con responsabilidad y respeto en mi superación personal y profesional.

A mi querido esposo Jorge Luis mil gracias por tu apoyo y confianza para lograr mi objetivo y por creer en mí.

A mis adorados hijos Piero y Brunella, que son mi fortaleza y por su confianza depositada en mi persona, quienes siempre me alentaron y no dejaron que me rindiera impulsándome a dar lo mejor de mí.

A mis jurados, Dr. Juan Ramírez Orellana, Dr. Jaime Cárdenas García, y Dr. José Villanueva Salas, por su tiempo y dedicación brindado a mi tesis, mil gracias.

A mi asesor por ayudarme a desarrollar este anhelado proyecto, por su orientación y atención a mis consultas sobre la investigación.

Gracias a quienes estuvieron conmigo dándome su apoyo moral y humano, especialmente a mi hermano Jorge Luis.

Muy especial a mis ángeles de hoy y siempre que se sienten felices por lo que estoy viviendo, mis queridos abuelitos Manuel y Rosalvina, Luis y Evangelina.

Gracias a la Universidad Católica de Santa María, por ser mi alma mater, por brindarme la oportunidad de hacerme profesional y así vivir mi sueño anhelado, convirtiendo mi esfuerzo en realidad.

Gracias al Rector de la Universidad el Dr. Alberto Briceño Ortega, quién fue mi catedrático de Análisis Clínico y me brindó su confianza para que hoy sea su colega.

Gracias a todos los profesionales que me brindaron sus conocimientos en esta hermosa carrera profesional de Farmacia y Bioquímica.

## ÍNDICE

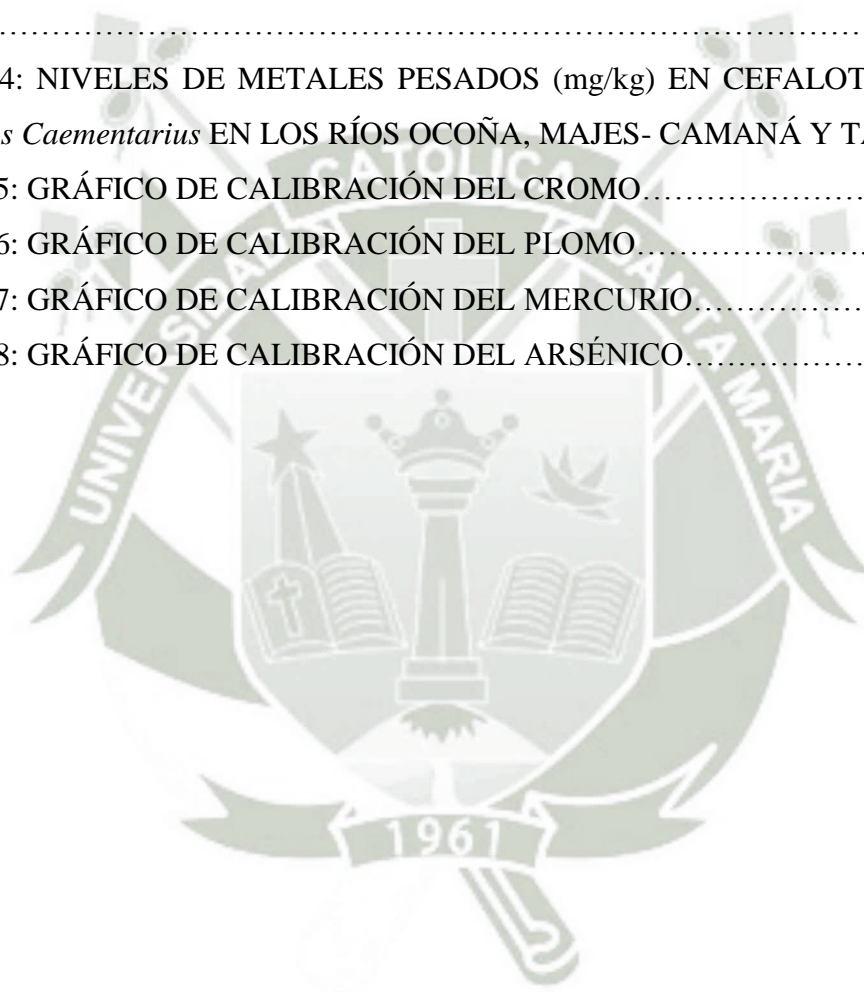
	Pág
RESUMEN.....	x
OBJETIVOS.....	xiii
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO .....	1
1.1 CONTAMINACIÓN CON METALES PESADOS.....	2
1.1.2. CONTAMINACIÓN DE LOS RÍOS ESTUDIADOS .....	4
1.2 METALES PESADOS .....	6
1.2.1. Mercurio .....	8
1.2.2. Plomo.....	10
1.2.3. Cromo.....	12
1.2.4. Arsénico.....	14
1.3    BIOACUMULACIÓN.....	17
1.4    BIOMAGNIFICACIÓN .....	18
1.5    RIESGO DE LA SALUD HUMANA .....	20
1.6 <i>Cryphiops caementarius</i> (camarón).....	21
1.6.1. Morfología.....	22
1.6.2. Región Cefalotorácica .....	23
1.6.3. Dimorfismo Sexual.....	23
1.6.4. Hábitat .....	24
1.6.5. Fecundidad .....	25
1.6.6. Apareamiento y cópula.....	25
1.6.7. Desove .....	26
1.6.8. Huevos.....	27
1.6.9. Eclósión.....	28
1.6.10. Larvas .....	29
1.6.11. Adultos .....	30
1.6.12. Migraciones .....	31
1.6.13. Alimentación .....	31
1.6.14. Propiedades nutricionales .....	32
1.6.15. Extracción del recurso camarón de río .....	33
CAPITULO II.....	35
MATERIAL Y MÉTODOS .....	35
2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	36
2.2 ÁREA DE ESTUDIO.....	36
2.3 MÉTODOS Y TÉCNICAS .....	37
2.3.1 Método.....	37
3.3.2 Material de Laboratorio.....	37
3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	40
CAPITULO III.....	41

RESULTADOS Y DISCUSION .....	41
CONCLUSIONES.....	53
RECOMENDACIONES .....	55
BIBLIOGRAFIA.....	56
Anexos.....	59



## INDICE DE TABLAS

TABLA 1: NIVELES DE METALES PESADOS (mg/kg) EN CEFALOTÓRAX DE <i>Cryphiops Caementarius</i> EN EL RÍO OCOÑA Octubre a diciembre 2016.....	44
TABLA 2: NIVELES DE METALES PESADOS (mg/kg) EN CEFALOTÓRAX DE <i>Cryphiops Caementarius</i> EN EL RÍO TAMBO Octubre a diciembre 2016.....	45
TABLA 3: NIVELES DE METALES PESADOS (mg/kg) EN CEFALOTÓRAX DE <i>Cryphiops Caementarius</i> EN EL RÍO MAJES- CAMANÁ Octubre a diciembre 2016.....	46
TABLA 4: NIVELES DE METALES PESADOS (mg/kg) EN CEFALOTÓRAX DE <i>Cryphiops Caementarius</i> EN LOS RÍOS OCOÑA, MAJES- CAMANÁ Y TAMBO .	47
TABLA 5: GRÁFICO DE CALIBRACIÓN DEL CROMO.....	48
TABLA 6: GRÁFICO DE CALIBRACIÓN DEL PLOMO.....	49
TABLA 7: GRÁFICO DE CALIBRACIÓN DEL MERCURIO.....	50
TABLA 8: GRÁFICO DE CALIBRACIÓN DEL ARSÉNICO.....	51



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Contaminación de ríos por metales pesados, provenientes de aguas residuales.	2
Figura 2: Contaminación de mar por metales pesados provenientes de residuos industriales.....	2
Figura 3: Río Tambo.....	5
Figura 4: Río Ocoña.....	5
Figura 5: Río Camaná.....	6
Figura 6: Río Majes.....	6
Figura 7: Proceso de Bioacumulación.....	18
Figura 8: Proceso de Biomagnificación.....	19
Figura 9: Ejemplo de biomagnificación.....	20
Figura 10: <i>Cryphiops caementarius</i> .....	21
Figura 11: Morfología del camarón.....	22
Figura 12: Estructura del camarón.....	23
Figura 13: Especímen macho y hembra de camarón de río.....	24
Figura 14: Cada reproductiva del camarón.....	27
Figura 15: Proceso larvario del camarón.....	29
Figura 16: Migración del camarón para el desove.....	31
Figura 17: Alimentación del camarón.....	32
Figura 18: Producción del camarón de río.....	34
Figura 19: Extracción del camarón de río.....	34

Figura 20: Mapa de Ríos de Arequipa.....	36
Figura 21: Vistas de muestras de la recolección del camarón.....	38
Figura 22: Metales pesados en río Ocoña.....	44
Figura 23: Metales pesados en río Tambo.....	45
Figura 24: Metales pesados en río Majes- Camaná.....	46
Figura 25: Comparativo de presencia de metales pesados en los ríos.....	47
Figura 26: Comparación de niveles.....	53
Figura 27: Camarón crudo para desecado.....	59
Figura 28: Muestra de camarón en tubo de digestión.....	60
Figura 29: Primera fase de digestión.....	61
Figura 30: Equipo ICP.....	62
Figura 31: Trabajo en laboratorio.....	63
Figura 32: Trabajo en laboratorio.....	63
Figura 33: Trabajo en laboratorio.....	63
Figura 34: Trabajo en laboratorio.....	63
Figura 35: Trabajo en laboratorio en Equipo ICP.....	64
Figura 36: Trabajo en laboratorio en Equipo ICP.....	64

## RESUMEN

En el Trabajo de Investigación Experimental se evaluó los niveles de metales pesados: Cromo, Arsénico, Plomo y Mercurio en cefalotórax de *Cryphiops caementarius* (Camarón) en los ríos Ocoña, Majes y Tambo en el Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas Bioquímicas y Biotecnológicas de la Universidad Católica Santa María de Arequipa Octubre a Diciembre del 2016.

Se utilizaron 30 muestras de cefalotórax de *Cryphiops caementarius* de los ríos Ocoña, Majes y Tambo, 10 muestras de cada cuenca las cuales fueron evaluadas por el método de Espectrometría de Plasma Inducido ICP OES para evaluar los niveles de Arsénico, Cromo, Plomo y Mercurio.

Los resultados obtenidos en las muestras evaluadas del cefalotórax de *Cryphiops caementarius* fueron:

Metales Pesados:	Río Ocoña:	Río Majes – Camaná:	Río Tambo:
Arsénico (As)	0.90±0.04 mg/kg	1.73±0.11 mg/kg	1.30±0.08 mg/kg
Plomo (Pb)	1.15±0.10 mg/kg	0.90±0.04 mg/kg	0.78±0.06 mg/kg
Mercurio (Hg)	0.51±0.03 mg/kg	1.10±0.11 mg/kg	0.91±0.03 mg/kg
Cromo (Cr)	0.90±0.02 mg/kg	0.88±0.05 mg/kg	0.68±0.03 mg/kg

Observamos en el presente cuadro que el río con mayor nivel de contaminación de metales pesados, según el proceso de investigación realizado es el río Majes- Camaná.

Se observó en orden decreciente la concentración de los metales detectados en el cefalotórax en los *Cryphiops caementarius* analizados, en río Ocoña; Pb>As>Cr>Hg; río Tambo, As>Hg>Pb>Cr y Majes As>Hg>Cr>Pb.

En conclusión, se comprobó que en cefalotórax de *Cryphiops caementarius* de los ríos Ocoña, Tambo y Majes- Camaná se encuentran por encima de los valores permisibles para consumo que establece la FAO/OMS (Arsénico: 0.45±0.07 mg/kg, Cromo: 0.2±0.04 mg/kg, Plomo; 0.10±0.02 mg/kg, Mercurio 0.41±0.04 mg/kg).

**Palabras claves:** Niveles de Metales Pesados

## ABSTRACT

In the Experimental Research Work, the levels of heavy metals were evaluated: Chromium, Arsenic, Lead and Mercury in cephalothorax of *Cryphiops caementarius* (Shrimp) in the Ocoña, Majes and Tambo rivers in the Laboratory of Quality Control and Test of the Faculty of Biochemical and Biotechnological Pharmaceutical Sciences of the Santa María Catholic University of Arequipa October to December 2016.

Thirty samples of cephalothorax of *Cryphiops caementarius* from the Ocoña, Majes and Tambo rivers were used, 10 samples from each basin which were evaluated by the ICP OES Induced Plasma Spectrometry method to evaluate the levels of Arsenic, Chromium, Lead and Mercury.

The results obtained in the evaluated samples of the cephalothorax of *Cryphiops caementarius* were:

Heavy metals:	River Ocoña:	River Majes – Camaná:	River Tambo:
Arsenic (As)	0.90±0.04 mg/kg	1.73±0.11 mg/kg	1.30±0.08 mg/kg
Lead (Pb)	1.15±0.10 mg/kg	0.90±0.04 mg/kg	0.78±0.06 mg/kg
Mercury (Hg)	0.51±0.03 mg/kg	1.10±0.11 mg/kg	0.91±0.03 mg/kg
Chrome (Cr)	0.90±0.02 mg/kg	0.88±0.05 mg/kg	0.68±0.03 mg/kg

We observe in the present chart that the river with the highest level of contamination of heavy metals, according to the research process carried out, is the Majes-Camaná river.

The concentration of the metals detected in the cephalothorax in the *Cryphiops caementarius* analyzed in the Ocoña river was observed in decreasing order; Pb> As> Cr> Hg; Tambo River, As> Hg> Pb> Cr and Majes As> Hg> Cr> Pb.

In conclusion, *Cryphiops caementarius* cephalothorax from the Ocoña, Tambo and Majes rivers were found to be above the FAO / WHO allowable values for consumption (Arsenic: 0.45 ± 0.07 mg / kg, Chromium: 0.2 ± 0.04 Mg / kg, Lead, 0.10 ± 0.02 mg / kg, Mercury 0.41 ± 0.04 mg / kg).

**Keywords:** Levels of metals

## INTRODUCCION

El presente trabajo, tiene la finalidad de estudiar la presencia de metales pesados y sus niveles existentes en el cefalotórax de *Cryphiops caementarius* (Camarón); donde queremos demostrar que existe contaminación en las cuencas de los diferentes ríos pertenecientes al departamento de Arequipa.

Es muy importante estudiar los niveles de los metales pesados en el ambiente costero y la relación que tiene la actividad humana con el agua de las diferentes cuencas hidrográficas, comprobaremos que son potencialmente tóxicos para los organismos acuáticos entre los cuales encontramos el *Cryphiops caementarius* (Camarón). Los organismos acuáticos vivientes en su hábitat común están expuestos a estos contaminantes, los cuales acumulan los metales en sus tejidos a niveles más altos que las que normalmente se encuentran en el ambiente (proceso conocido como bioacumulación) y muchos de estos organismos son consumidos por el ser humano.

Los metales trazas esenciales (Fe, Mn, Co, Zn, Cu, Ni) y tóxicos (Cd, Hg, Cr, Pb, etc.), tienen relevancia en los diferentes estudios nutricionales, fisiológicos y toxicológicos, actuando actividades enzimáticas, que se activan o bloquean por inhibición de otros metales que compiten por los sitios activos de las enzimas.

El conocimiento de la distribución de los metales pesados en los tejidos de los *Cryphiops caementarius* – camarones- es útil para poder identificar, qué órgano específico puede ser particularmente selectivo y sensitivo con relación a la acumulación de los mismos, ya que no son biodegradables.

Las concentraciones de los metales pesados pueden servir de valores de referencia en futuras normas específicas para camarones procesados; ya que en Perú, solamente existen normas para el consumo de atún en conserva y sardinas en conservas referidas a los metales pesados (Cadmio, Cobre y Plomo) y límites máximos residuales para Arsénico total, Cadmio, Cromo, Plomo y Cobre para camarón de cultivo (Sciolo, 2007).

Queremos demostrar la contaminación existente en nuestros ríos, que va relativamente creciendo a medida que se demuestra presencia de migración poblacional existentes en la rivera de los ríos, minería informal, desechos orgánicos, desechos fecales, entre otros; alertando a las autoridades a que tomen medidas de corrección inmediatas.

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

Determinar los niveles de metales pesados (Cr , Hg , Pb y As) en cefalotórax de *Cryphiops caementarius* (Camarón) en los ríos Ocoña, Majes- Camaná y Tambo en el departamento de Arequipa 2016.

### OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Definir las zonas o lugares donde se encuentre mayor presencia de metales pesados por ríos.
2. Establecer los niveles de metales pesados: Cromo, Mercurio, Plomo y Arsénico en cefalotórax de *Cryphiops caementarius*, en los ríos Ocoña, Majes- Camaná y Tambo en el departamento de Arequipa.
3. Analizar y evaluar los niveles de los Metales Pesados y sus Consecuencias en la salud de los seres humanos.

## HIPOTESIS

Realizando la investigación de este proyecto, se podrá determinar la contaminación por metales pesados de Cromo, Mercurio, Plomo y Arsénico, en Cefalotórax de *Cryphiops caementarius* de los ríos Ocoña, Majes-Camaná y Tambo; los cuales son bioacumulables en las aguas de los ríos. Otro posible agente causal de la presencia de niveles de metales pesados son las actividades mineras informales cerca a la rivera de los ríos.





# **CAPITULO I**

## **MARCO TEORICO**

## 1.1 CONTAMINACION CON METALES PESADOS

La contaminación es uno de los problemas ambientales más importantes que afectan a nuestro mundo y surge cuando se produce un desequilibrio, como resultado de la adición de cualquier sustancia al medio ambiente, debido a los diferentes procesos productivos del hombre (fuentes antropogénicas) y actividades de la vida diaria, causando efectos adversos en el hombre, animales y vegetales; problemática a la que el Perú no es ajeno (MINSA).



Figura 1: Contaminación de ríos por metales pesados, provenientes de aguas residuales.



Figura 2: Contaminación de mar por metales pesados provenientes de residuos industriales.

La peligrosidad de los metales pesados es mayor al no ser química ni biológicamente degradables. Una vez emitidos, pueden permanecer en el ambiente

durante cientos de años. Además, su concentración en los seres vivos aumenta a medida que son ingeridos por otros, por lo que la ingesta de plantas o animales contaminados puede provocar síntomas de intoxicación. De hecho, la toxicidad de estos metales ha quedado documentada a lo largo de la historia: los médicos griegos y romanos ya diagnosticaban síntomas de envenenamientos agudos por plomo mucho antes de que la toxicología se convirtiera en ciencia.

Se ha demostrado científicamente que, además de causar algunos de los problemas ambientales más graves, la exposición a metales pesados en determinadas circunstancias es la causa de la degradación y muerte de vegetación, ríos, animales e, incluso, de daños directos en el hombre.

La exposición a estos metales pesados está relacionada con problemas de salud como retrasos en el desarrollo, varios tipos de cáncer, daños en el riñón, e, incluso, con casos de muerte.

La relación con niveles elevados de mercurio y plomo ha estado asociada al desarrollo de la autoinmunidad (el sistema inmunológico ataca a sus propias células tomándolas por invasoras). La autoinmunidad puede derivar en el desarrollo de dolencias en las articulaciones y el riñón, tales como la artritis reumática, y en enfermedades de los sistemas circulatorio o nervioso central.

En la actualidad se estima en más de un millón de sustancias diferentes las que son introducidas en las aguas naturales a través de los vertidos antropogénicos (Förstner *et al.*, 1993). Muchas de ellas no son consideradas tóxicas, si bien pueden alterar las características organolépticas del agua, perturbar severamente el ecosistema y/o ser directamente nocivas para el hombre.

Los niveles de metales pesados en las aguas están directamente relacionadas con las actividades humanas y descargas de 27 efluentes, como también son función de las variaciones de caudal de ciertos vertidos puntuales que el río recibe (Behrendt, 1997). Los cursos de agua han sido desde tiempo inmemorial los receptores, directos o indirectos, de los desechos líquidos que el hombre ha generado debido a su propia actividad. En un principio, eran capaces de soportar las cargas contaminantes que a los ríos se vertían y eran merced a su carácter autodepurador.

Posteriormente, al crearse grandes asentamientos urbanos, se incrementó notablemente la cuantía de los vertidos. En consecuencia, los cursos fluviales perdieron su capacidad autodepuradora y se produjeron graves alteraciones en la calidad de sus aguas, con los subsiguientes peligros para la salud de las poblaciones situadas aguas

abajo. Desde entonces, los esfuerzos para lograr la eliminación de los contaminantes generados por el hombre no han sido capaces de ajustarse ni al ritmo de incremento en la cantidad de desechos industriales, ni al crecimiento demográfico.

Esto ha provocado la transformación de las aguas de ríos en depósitos de residuos en los que el equilibrio natural está severamente perturbado y en muchos casos totalmente roto (Förstner y Wittmann, 1981). Al contrario que muchos contaminantes orgánicos, los metales pesados, generalmente no se eliminan de los ecosistemas acuáticos por procesos naturales debido a que no son biodegradables (Murray, 1996).

Hoy en día los metales pesados tienen un gran significado como indicadores de la calidad ecológica de todo flujo de agua debido a su toxicidad y muy especialmente al comportamiento bioacumulativo (Purves, 1985; Moalla *et al.*, 1998). Asimismo los metales pesados tienen tendencia a formar asociaciones, con sustancias minerales (carbonatos, sulfatos, etc.) y en mayor grado con sustancias orgánicas, mediante fenómenos de intercambio iónico, adsorción, quelación, formación de combinaciones químicas, etc., por lo que se acumulan en el medio ambiente, principalmente en los crustáceos de ríos y en sedimentos.

Las altas concentraciones de metales pesados en las aguas de corrientes fluviales asociados a sulfuros tales como el As, Cd, Cu, Pb y Zn pueden atribuirse a la minería y son causa del fuerte impacto en el medio ambiente (Salomons, 1995). En cambio, otros metales no sulfurados como el Cr, Ni y Hg posiblemente indican una contaminación antropogénica de metales pesados que están estrechamente asociados con las descargas de desagües y agroquímicos (Fernández *et al.*, 1997).

### **1.1.2. CONTAMINACION DE LOS RIOS ESTUDIADOS**

Debido al nulo tratamiento de aguas residuales de origen doméstico, de origen hospitalario, minero, efluentes de origen agrícola (por exceso de uso de agroquímicos y riego de gravedad a discreción), residuos sólidos, animales muertos y causan la mayor parte de la contaminación afectando a la fauna acuática principalmente camarón de río.

Si bien no hay industrias importantes en las ciudades a las cuales corresponden estos ríos, también se vierten aguas servidas al río que circulan por sus jurisdicciones, pero sobre todo existe un alto escurrimiento de agroquímicos que por la esorrentía del riego a discreción que se practica en las localidades; son problemas que aún no se han tomado en conciencia, dichos efluentes discurren a los colectores y finalmente van a parar al río cuyas aguas se usan tanto para el consumo humano y riego.

La problemática de los desagües fecales a la fecha no se han tomado las previsiones necesarias para solucionar esta alarmante problemática (Imarpe, 2017).



Figura 3: Río Tambo



Figura 4: Río Ocoña



Figura 5: Río Camaná



Figura 6: Río Majes

## 1.2 METALES PESADOS

Se entiende por metales pesados, a cualquier elemento químico metálico que tenga una relativa alta densidad y sea tóxico o venenoso en concentraciones bajas, son peligrosos porque tienden a bioacumularse en el organismo y no se pueden degradar por medios naturales (Metcalf & Eddy, 1995).

Los metales pesados son peligrosos porque tienden a bioacumularse, esto significa un aumento en la concentración de un producto químico en un organismo biológico en un cierto plazo, comparada a la concentración en el ambiente. Se metabolizan y se excretan, se bioacumula en seres vivos más rápidamente y se depositan en los sedimentos y en el río.

Es por esta razón que las concentraciones de metales pesados en sedimentos generalmente son más altas que las encontradas en el agua, razón por la cual los organismos acuáticos, especialmente los crustáceos son más expuestos a los metales pesados disueltos de donde captan los metales al ingerir partículas sedimentarias y las aguas asociadas a los poros del sedimento (Salomons W. *et. al.*, 1988). Además, tienen la capacidad de almacenar en su organismo una concentración mayor en comparación con la que presenta el medio, por lo que estos pueden ser bioindicadores de metales pesados.

Los metales pesados tienen influencia en los tejidos y afectan muchos sistemas del cuerpo. El sistema nervioso, el sistema gastrointestinal, el sistema cardiovascular, el sistema hematológico (sangre), el sistema renal, etc.

Los metales tienen niveles óptimos de concentración, por encima de los cuales resultan tóxicos.

Actualmente es difícil encontrar un producto manufacturado o una actividad industrial en la que no intervenga algún metal pesado.

Los metales pesados durante siglos se han utilizado para industrias fundamentalmente, pero dañan la salud humana y varían el equilibrio de los sistemas ambientales en concentraciones excesivas en el aire, suelo y agua.

La contaminación por metales pesados es un problema por el efecto negativo que presenta en el agua, suelo, aire, sedimento, vegetación, animales y salud humana.

El medio ambiente acuático está amenazado por descargas provenientes de la agricultura, desechos industriales y de origen urbano.

Los contaminantes que afectan directamente a los camarones de río son la temperatura, el Ph, la presión de oxígeno, la alcalinidad y la dureza del agua; contaminantes absorbentes o reflectantes, como el barro, restos carbonosos, desechos de papel, y metales pesados.

Estos últimos son los responsables más frecuentes de las intoxicaciones minerales, entre ellos se encuentran, el Arsénico, Cobre, Plomo, Mercurio, Zinc, Cromo, Cadmio, Hierro y Magnesio, los cuales se introducen en los sistemas acuáticos por desagües, residuos de industrias, etc.

La importancia de estudiar los niveles de contaminación por metales pesados en los ambientes acuáticos radica en que no son degradables, son bioacumulables y pueden ser fácilmente incluidos en la cadena trófica (Ramallo, 1996).

### **1.2.1. MERCURIO**

El mercurio (Hg) es un metal líquido blanco plateado, posee conductividad eléctrica, es volátil a temperatura ambiente, es contaminante óptimo, porque genera reacciones químicas.

El mercurio se usa en amalgamas de mercurio, los dentistas producen 1 Kg. De residuos de Mercurio cada año, los que vierten por el desagüe al alcantarillado, también se usa el mercurio en la explotación de oro donde se pierde cerca de 1 gr. De Mercurio en el medio ambiente por cada gramo de oro. Se usa el mercurio en procesos industriales, en pinturas, aparatos eléctricos, termómetros, fungicidas, en vacunas como preservantes, en cosméticos, insecticidas, industria del papel, en pilas, baterías, productos de limpieza, en computadoras, lámparas fluorescentes y en componentes electrónicos diversos.

El mercurio puede ingresar al organismo por vía inhalatoria, por vía dérmica y por vía oral. La vía oral absorbe de 90 a 95% de Mercurio, en el tracto gastro intestinal, hepático y renal; pudiendo llegar a producir muerte neuronal y causar efectos como náuseas, vómitos, diarrea, reacción alérgica en la piel, irritación de los ojos, y aumento de la presión sanguínea.

Un envenenamiento agudo con Hg produce pérdida de apetito, insensibilidad en las extremidades, diarrea, problemas de visión, sabor metálicos, problemas en el habla y en el oído e inestabilidad mental (daña el cerebro), deficiencia cardiaca.

En los niños el Hg produce ataques de pánico, insomnio, ansiedad, trastornos de la memoria, anorexia, fatiga, disfunción cognitiva y motora aumenta la susceptibilidad humana a las enfermedades infecciosas.

La contaminación por Mercurio es otro de los ejemplos clásicos del proceso de bioacumulación. Por lo general, el mercurio (o una versión química llamada metilmercurio) es absorbido por las bacterias y el fitoplancton. Los peces pequeños se alimentan de las bacterias y del fitoplancton y acumulan el mercurio.

Estos son a su vez comidos por peces más grandes, que pueden convertirse en alimento para humanos y animales. El resultado puede ser la acumulación (biomagnificación) de grandes concentraciones de mercurio en los tejidos de humanos y animales.

- **Intoxicación por Mercurio Metálico:**

Las manifestaciones agudas ocurren cuando hay exposición súbita a altas concentraciones de vapores de mercurio ocasionando bronquitis y bronquiolitis erosiva con neumonitis intersticial, esto origina un cuadro de edema pulmonar agudo no cardiogénico,

La ingestión de mercurio metálico tiene pocos efectos sistémicos debido a su muy baja absorción en el tracto gastrointestinal; localmente puede producir un efecto irritativo menor.

La intoxicación crónica se relaciona con el tiempo de exposición y con la concentración de los vapores en el medio laboral dando una sintomatología insidiosa. Además de unos pródromos inespecíficos en forma de astenia, dolores generalizados, anorexia y malestar general, pueden diferenciarse tres síntomas clínicos principales:

1. Estomatitis mercurial
2. Eretismo mercurial
3. Temblor

- **TRATAMIENTO**

1.- Medidas de Soporte y Emergencia Retirar a la víctima del ambiente contaminado, dar suplemento de oxígeno húmedo y observar por varias horas ante el posible desarrollo de neumonitis o edema pulmonar agudo.

2.- Ingestión de sales de mercurio : Anticiparse a una severa gastroenteritis y tratar el shock agresivamente con reemplazo de líquidos endovenosos .Dar

tratamiento de soporte para falla renal , la cual es usualmente reversible pero en algunas oportunidades se requiere hemodiálisis durante una o dos semanas .

3.- Ingesta de mercurio orgánico: dar tratamiento sintomático.

4.- Drogas y Antídotos específicos: tratamiento farmacológico a base de quelantes (terapia de quelación).

- Dimercaprol: es un agente quelante ditiol, utilizado en las intoxicaciones por sales inorgánicas de mercurio a dosis de 3 mg / kg de peso Vía IM cada 4 horas por 2 días y continuar 3 mg / kg de peso cada 12 horas durante 7 a 10 si el paciente persiste sintomático o los niveles permanecen altos.

- No debe ser administrado vía IV solo IM .

Fuente: Citver.

### 1.2.2. PLOMO

El plomo (Pb) es un metal pesado, gris azulado maleable y dúctil, es tóxico se acumula en el cuerpo cuando se inhala del aire o se ingiere en alimentos y en el agua, su uso generalizado da lugar a la contaminación del medio ambiente, un nivel considerable de exposición humana y graves problemas de salud pública.

Las fuentes de contaminación ambiental son: las actividades de explotación minera, las actividades de reciclaje, la metalurgia, pinturas, pigmentos, baterías de almacenamiento, gasolinas con plomo, como materiales de soldaduras, vidrierías, vajillas de cristal y cerámicos, esmaltes, municiones, juguetes, artículos de joyería y cosméticos.

La absorción del Plomo es por vía respiratoria, dérmica y digestiva.

Las personas que tienen deficiencia de Hierro, Calcio o Zinc en su dieta tienen mayor riesgo de toxicidad, por lo tanto absorben más rápido el Plomo.

La vida media del Plomo en los huesos es 32 años, en el riñón es 7 años y en la sangre es 30 días.

El Plomo se distribuye en todos los tejidos, teniendo afinidad por el sistema nervioso central y se acumula en los huesos.

Una exposición al Plomo produce intoxicación aguda, vómito, dolor abdominal, estreñimiento, anorexia y anemia hemolítica, así como trastornos gastro intestinales, diarrea, colapso y coma.

Un envenenamiento crónico con Plomo daña todos los órganos y sistemas, particularmente el sistema nervioso central y periférico, el sistema renal y el sistema hematopoyético.

Sus síntomas son: pérdida de peso, falta de coordinación, vómitos, parálisis de nervios craneales, convulsiones y coma.

El Plomo es una amenaza para la salud humana ya que es un veneno acumulativo.

- **Intoxicación por Plomo:**

Presencia de anemia como consecuencia de la alteración de la síntesis del grupo hem y de la eritropoyesis, por medio de la inhibición de la enzima deshidratasa del AAL-D y de la hemosintetasa; además, de interferencia de la enzima sintetasa de la enzima AAL-S dando como resultado anemias hipocromicas, normociticas o microcíticas, punteado basofilo en los eritrocitos y reticulocitosis por hemolisis al disminuir su vida media.

Adinamia, astenia, palidez mucocutanea y sensación de debilidad.

Encefalopatía saturnina con cambios conductuales Sutiles o trastornos neurológicos severos que lo lleven a la muerte. Los signos y síntomas pueden incluir irritabilidad, vértigo, cefalea, visión borrosa, temblor, alucinaciones, pérdida de memoria y concentración. En casos más severos pueden presentarse estados confusionales, sicosis, parálisis y muerte por hipertensión endocraneana.

- **TRATAMIENTO:**

Depende de la severidad del cuadro clínico y de los valores de plumbemia de cada caso.

- Encefalopatía presente o plumbemia mayor de 150 ug/dl se administra BAL (British antilewisita) 3-5 mgs/Kg/día IM dividido en dosis cada 4 horas y a las 4 horas después de empezar adicionar EDTA 60-75 mg/Kg/día en Sospecha Clínica por síntomas y factores de riesgo en adultos solicitar:

- Pruebas hematológicas (cuadro hemático, frotis sangre periférica)
- Función renal
- Función hepática
- Plumbemia: 36-60 mcg/dl >60 mcg/dl Encefalopatía o niveles >150 g/dl
- Considerar otros diagnósticos
  - Evaluar condiciones laborales o de riesgo
- Succimer o Penicilamina
  - Evaluar y mejorar Condiciones de riesgo o laborales
- Hospitalizar
- EDTA por 5 días
- Continuar Succimer o Penicilamina hasta niveles.

En caso de no ser posible la quelación parenteral y que el paciente se encuentre en condiciones de ser manejado ambulatoriamente se utiliza Penicilamina a dosis de 750 - 1000 mgs/ día administrada en capsulas de 250 mgs, vía oral cada 6 u 8 horas durante 10 días. Se realiza control de plumbemia y se debe repetir el ciclo por 10 días hasta obtener plumbemias menores a 35 ugs/dl. Se debe llevar un estricto control de la función renal del paciente por la nefrotoxicidad de este Quelante.

Además de lo anterior se deben estudiar los factores que llevaron a esta intoxicación, hacer los correctivos a que de lugar, reubicar a los trabajadores o retirarlos de la exposición mientras se da el tratamiento correspondiente e iniciar el programa de vigilancia epidemiológica periódica en beneficio de toda la empresa. El pronóstico está relacionado con la intensidad y duración de la exposición, siendo de mejor pronóstico una intervención terapéutica temprana en ausencia de compromiso neurológico severo y el manejo de un paciente adulto.

Fuente: Citver.

### **1.2.3. CROMO**

El Cromo (Cr) es un metal pesado utilizado en curtiembres para curtir el cuero, como anticorrosivo en radiadores, en galvanoplastia, en la industria del acero.

Las valencias del Cromo son 3 y 6, el Cromo trivalente es útil para la nutrición, el Cromo hexavalente es tóxico puede causar irritación y corrosión.

El Cromo y los cromatos son destructores e irritantes de las células del organismo, dañan los riñones produciendo nefritis hemorrágicas.

El envenenamiento agudo por ingerir Cromo produce vértigo, sed, dolor abdominal, vómito y muerte por uremia.

El envenenamiento crónico por contacto con la piel o inhalación del Cromo, produce dermatitis con cicatrización lenta de la piel y los que inhalan vapores de Cromo tienen ulceraciones, hemorragias y perforación del tabique nasal, lagrimeo, conjuntivitis y hepatitis aguda.

El Cromo produce en los seres humanos cáncer pulmonar.

En condiciones naturales el cromo se presenta casi siempre en forma de trivalente y todo el hexavalente que existe es generado por las actividades humanas.

El Cr (VI) es de naturaleza aniónica y no es fuertemente adsorbido por el sedimento o la materia particulada, por ello es más móvil que el Cr (III) y no es propenso a sedimentar. Tiene tendencia a reaccionar fuertemente con sustancias oxidables, moléculas orgánicas normalmente, y formar Cr (III). Si el agua contiene poco material orgánico, el Cr (VI) puede permanecer disuelto en ella durante largos periodos de tiempo. En aguas aeróbicas el Cr (VI) es estable, pero en condiciones anaeróbicas se reduce a Cr (III), que a pH neutro o suavemente alcalino se deposita en forma de óxido (Rovira, 1993).

El cromo de origen antropogénico proviene principalmente de la utilización en la elaboración de pigmentos, baterías de alta temperatura, fungicidas, tratamiento de superficies, industrias papeleras (pulpa, cartón, etc.), química orgánica e inorgánica y factorías de textiles (Vega, 1990). La ingestión de cromo (VI) principalmente afecta al estómago e intestino delgado (irritación y úlceras) y a la sangre (anemia). Los compuestos de cromo (III) son mucho menos tóxicos y parecen no causar estos problemas.

- **Intoxicación por Cromo**

A nivel gastrointestinal las sales de cromo producen vómito, diarrea, dolor abdominal, Hemorragia de tracto digestivo y aun lesión hepática que puede progresar a falla hepática.

A nivel renal pueden causar insuficiencia renal aguda, necrosis tubular, y uremia que puede ocasionar la muerte.

A nivel respiratorio la inhalación de polvos, humos y vapores puede producir broncoconstricción aguda probablemente por un mecanismo de irritación directa, la presencia de asma alérgica es rara.

A nivel de piel y mucosas el cromo trivalente produce dermatitis irritativa, la cual se presenta mientras persiste la exposición.

Los compuestos solubles de cromo hexavalente penetran por la piel y las mucosas en forma más efectiva que la forma trivalente.

Esta acción irritante incluye eritema, edema faríngeo, irritación de la mucosa conjuntival, ulceración de la mucosa nasal y aun perforación del tabique en su parte posterior.

Otra lesión típica es la conocida como ulcera crónica la cual se considera como la lesión más frecuente por toxicidad aguda. Esta por lo general se inicia con una pápula que progresa hasta formar una ulcera poco dolorosa, de bordes levantados y centro costroso que, generalmente, penetra a tejidos profundos, comprometiendo el cartílago pero respetando el hueso.

A nivel cardiovascular puede causar hipotensión severa y shock hipovolémico por pérdida de líquidos debido a las lesiones del tracto gastrointestinal.

En el Sistema Nervioso Central causa vértigo, convulsiones, alteración estado de conciencia y hasta la muerte.

- **TRATAMIENTO**

En caso de contacto con piel y mucosas:

- En piel lavar localmente con abundante agua y jabón.
- En mucosas lavar localmente con abundante agua por lo menos 15 minutos.
- Retirar la ropa contaminada.
- Curación en caso de presentar lesiones.
- Vitamina C favorece el paso de cromo hexavalente a cromo trivalente.

Fuente: Citver

#### 1.2.4. ARSÉNICO

El Arsénico (As) es un metal pesado, se halla en la corteza terrestre combinado con otros metales en forma de sulfuros.

El arsénico es un metal integrante de minerales metálicos y sulfuros de otros metales, como el Cu, Co, Pb y Zn, entre otros. Numerosos compuestos de arsénico son

solubles en agua, especialmente en forma de  $As^{3+}$ ,  $As^{5+}$  y complejos orgánicos (Marín, 1996).

Este elemento químico en mayor proporción proviene de la industria química, minería, agricultura (insecticidas arsenicales), productos farmacéuticos, de las fundiciones de metales no ferrosos y de la combustión de carbón mineral (Doménech, 1995). La concentración del arsénico en la corteza terrestre es aproximadamente de 5.0 g/g, por otro lado, el arsenato de calcio y de plomo se utilizan en la agricultura como pesticidas, herbicidas y venenos (Adriano, 1986).

Otro factor que también puede influir en la solubilización de arsénico, la forma reducida de As (III) es mucho más soluble, de cuatro a diez veces respecto a la forma oxidada (V) (Adriano, 1986). Si usted ingiere niveles de arsénico más bajos, puede sufrir irritación del estómago y los intestinos, acompañado de dolor de estómago, náusea, vómitos y diarrea. Otros efectos que puede sufrir incluyen reducción de la producción de glóbulos rojos y blancos, lo que puede causar fatiga, ritmo cardíaco anormal, daño de los vasos sanguíneos y alteraciones de la función de los nervios.

La exposición oral prolongada de arsénico inorgánico es un cuadro de alteraciones de la piel. Estas incluyen un oscurecimiento de la piel y la aparición de pequeños callos o verrugas en la palma de las manos, la planta de los pies y el dorso, a menudo asociados con alteraciones en los vasos sanguíneos de la piel, cáncer de la piel, del hígado, la vejiga y los pulmones.

- **Intoxicación por Arsénico:**

Alteraciones gastrointestinales: náuseas, vómito en “proyectil”, dolor abdominal, diarrea severa con olor alíaceo y aparición en “agua de arroz” e incluso gastroenteritis hemorrágica por daño difuso capilar en el tracto digestivo que lleva a colapso hipovolémico.

A nivel cardiovascular se presenta hipotensión, taquicardia, shock y muerte. Se puede producir acidosis metabólica y aun rabdomiolisis. Al final de la primera semana se puede establecer una segunda fase de miocardiopatía congestiva, edema pulmonar y arritmias cardíacas.

A nivel renal se puede producir daño en las arteriolas que permite presencia de proteinuria y hematuria, y en casos graves puede aparecer anuria.

Alteraciones neurológicas como letargia, agitación o delirio. Manifestaciones de neuritis periférica desde una semana posterior a la ingesta con dolor distal de predominio en pies, disestesias, parestesias que pueden hacerse Ascendentes, llegar a cuadriplejia y falla respiratoria neuromuscular. Las convulsiones generalizadas y el coma son los signos terminales.

Desde el punto de vista hematológico se puede presentar pancitopenia y anemia lo cual se va desarrollando progresivamente a partir de la segunda semana de ingestión.

Como efectos dermatológicos se pueden apreciar, a partir de la segunda a sexta semana, postingesta rash maculopapular difuso, descamación de piel, edema periorbital y aun presentarse herpes zoster o herpes simple. Estrías transversales blancas pueden aparecer en unas, meses después de la intoxicación Aguda (líneas de Aldrich-Mees).

- **TRATAMIENTO**

La medida más urgente es la reposición de líquidos y el manejo hidroelectrolítico para evitar una severa hipotensión, dando agentes vasopresores si se considera necesario. Se continúa tratamiento sintomático.

Lavado gástrico si ha sido reciente la ingestión aunque se debe advertir que el carbón activado no tiene poder de adsorber bien el arsénico; por lo tanto, se debe hacer lavado con abundante agua.

Como antídotos específicos:

- Dimercaprol (BAL, British anti-Lewisita, 2-3 dimercaptopropanol) Es agente quelante y se administra 3 – 5 mgs/kg intramuscular (IM) cada 4 a 6 horas por 2 días, luego se continua c/12h por 7-10 días y luego se prefiere continuar con Succimer o Penicilamina hasta que el paciente se recupere. No puede ser aplicado por vía endovenosa ya que este medicamento contiene aceite de mani en su composición y está contraindicado en personas alérgicas al mani.

Succimer (DMSA, ácido 2-3 dimercaptosuccínico) Indicado en pacientes que toleren la vía oral y se encuentren hemodinámicamente estables. Dar 10mg / Kg oral cada 8 horas por 5 días, continuar cada 12 horas por 2 semanas o hasta que el paciente se recupere.

D-penicilamina, ha sido usada a dosis de 250 mg vía oral cada 8 horas por 10 días inicialmente, se realizan controles de arsénico en orina de 24 horas, se deja recuperar el valor reportado se repite otro ciclo de 10 días.

La hemodiálisis puede ser beneficiosa en pacientes que presentan falla renal aguda, La diuresis, la hemoperfusión y el carbón activado parecen no ser útiles en este tipo de intoxicación.

Fuente: Citver.

### 1.3 BIOACUMULACION

La Bioacumulación no tiene por qué ser una preocupación si el compuesto acumulado no es nocivo, pero algunos como el mercurio se pueden acumular en los tejidos y éste sí que es un elemento muy perjudicial para la salud.

Los contaminantes químicos que son bioacumulables provienen de muchas fuentes y un ejemplo de ello son los componentes de los pesticidas, muchos de los cuales son retenidos por los organismos.



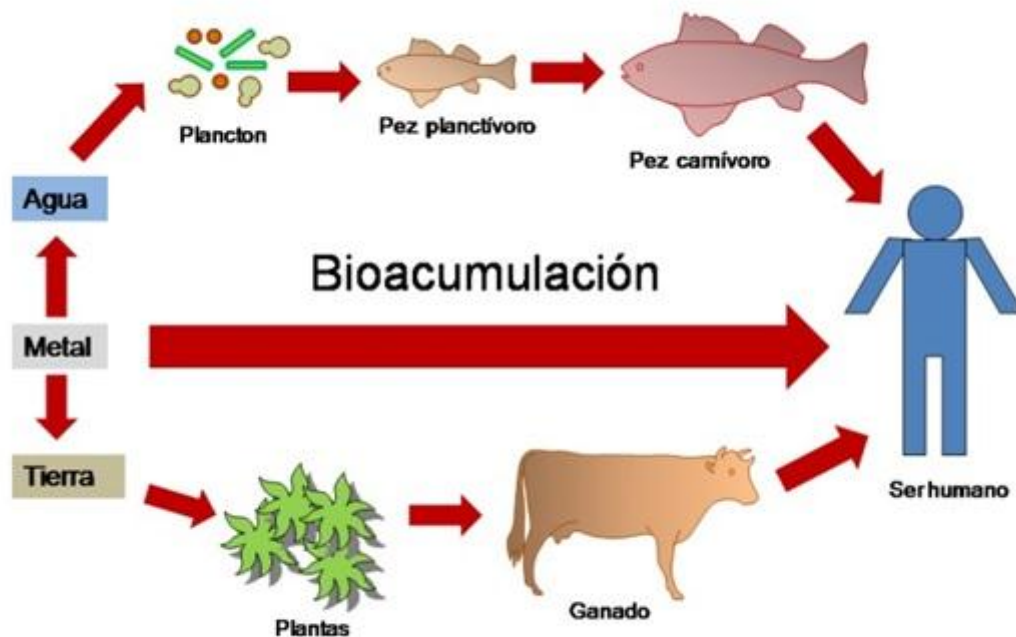


Figura 7: Proceso de Bioacumulación

Otra de las principales fuentes de contaminantes tóxicos son los compuestos que provienen de las chimeneas industriales y de las emisiones de los automóviles y vehículos que queman combustibles de origen fósil y que vuelven a la tierra en forma de precipitaciones. La descarga deliberada de desechos en los ríos es otra fuente de contaminantes químicos.

#### 1.4 BIOMAGNIFICACION

Una vez que un contaminante se encuentra en el agua o en el suelo puede entrar fácilmente en la cadena alimentaria, primero a través del fitoplancton de allí al zooplancton (que se alimenta del primero) y desde ese punto en más, va ascendiendo escalón a escalón hasta llegar a la cima de la pirámide del consumo, que muchas veces son los seres humanos.

Si bien la cantidad de contaminantes podría haber sido lo suficientemente pequeña como para no causar ningún daño en los niveles más bajos de la cadena trófica, estas

acaban sumándose y podrían causar graves daños a los organismos superiores de la pirámide alimenticia. Este fenómeno se conoce como biomagnificación.

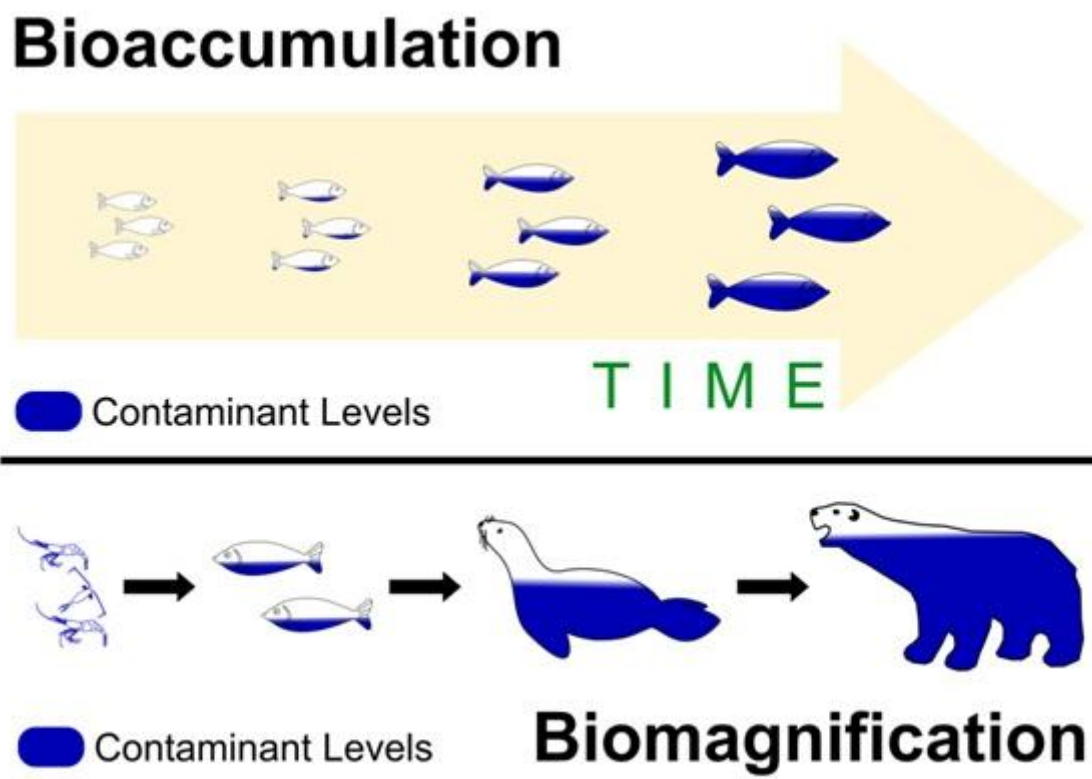


Figura 8: Proceso de Bioacumulación

Uno de los ejemplos clásicos de bioacumulación que dieron lugar a biomagnificación se produjo con el tristemente célebre insecticida denominado diclorodifeniltricloroetano y más conocido como DDT.

El DDT era un insecticida que se inventó en los Estados Unidos en el año 1939 y que hasta mediados de la década de los 70 se usaba con asiduidad para ayudar a controlar plagas de mosquitos y de otros insectos.

Un ejemplo de los depredadores que fueron víctimas de estos procesos, es el de las aves rapaces y marinas como las águilas calvas y las pescadoras, los halcones peregrinos y los pelícanos marrones y las garzas que lo ingirieron al comer peces.

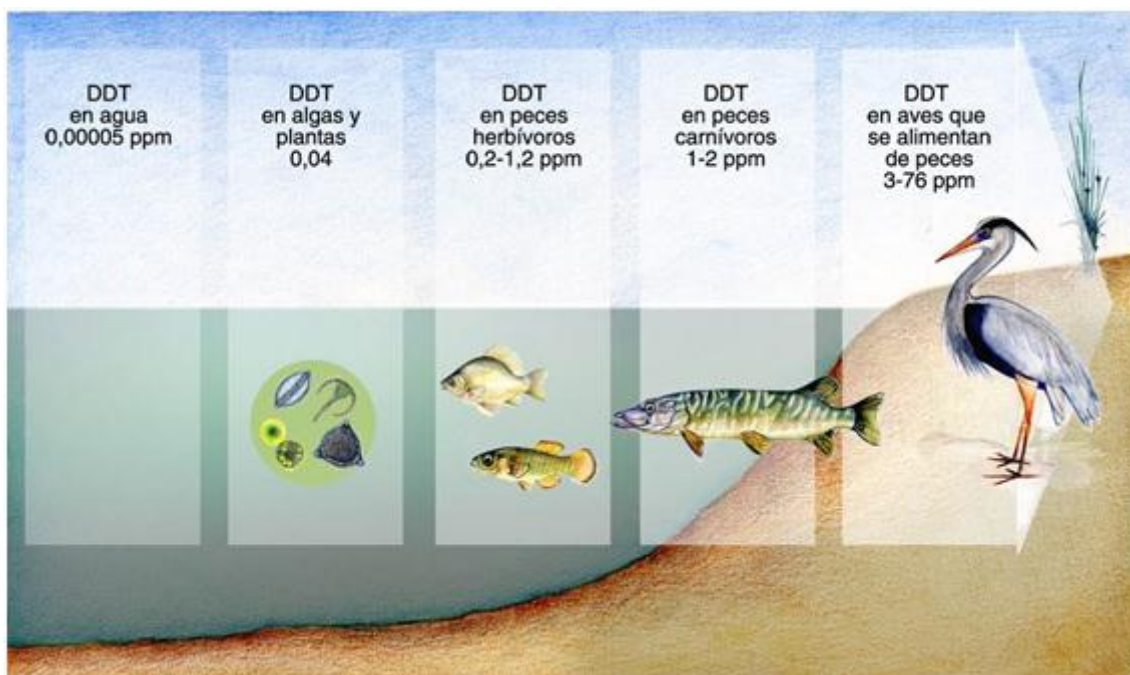


Figura 9: Ejemplo de biomagnificación

## 1.5 RIESGO DE LA SALUD HUMANA

La bioacumulación y biomagnificación de los contaminantes tóxicos también pueden poner en riesgo la salud humana. Cuando los seres humanos comen organismos que se encuentran en una posición relativamente alta en la cadena trófica, están expuestos a ingerir altas dosis de algunos productos químicos nocivos.

El pez espada, el tiburón y el atún a menudo han bioacumulado grandes cantidades de mercurio y muchos de los llamados pescados azules pueden tener altas concentraciones de bifenilos policlorados (PCB) que pueden acabar siendo también bioacumulados, pero esta vez en el organismo de los seres humanos.

Se está avanzando en los esfuerzos para disminuir la bioacumulación de compuestos tóxicos, por ejemplo mediante la legislación que prohíbe la eliminación de ciertos productos en el agua, lo cual ayuda a reducir el nivel de compuestos tóxicos que son capaces de ser acumulados en la cadena alimentaria.

Por otra parte, ciertos microorganismos están siendo diseñados genéticamente para ser capaces de utilizar un material tóxico como el mercurio como fuente de alimento.

## 1.6 *CRYPHIOPS CAEMENTARIUS* (CAMARON)



Figura 10: *Cryphiops caementarius*

Ocupan una porción muy significativa en muchos lagos y ríos, en este último, los pequeños crustáceos también ocupan un rango muy amplio de hábitats diferentes desde charcas quietas a rápidas donde pastan activamente; muchos de ellos son omnívoros y se alimentan sobre una amplia variedad de material e incorporan constituyentes químicos de su alimento en sus cuerpos, estos organismos son importantes en las investigaciones sobre la calidad del agua. La facilidad de colectarlos en un amplio rango de hábitats hacen de estos crustáceos candidatos ideales para el monitoreo de la contaminación. 18 Pueden ser utilizados como 'centinelas' de la exposición crónica a bajas concentraciones de toxinas o como bioindicadores de episodios agudos de vertidos tóxicos que podrían no ser medidos en los muestreos de rutina de lagos y ríos (Covich y Thorp, 1991).

De acuerdo con el trabajo de REYES Y COL (2006), *Cryphiops caementarius* tiene una distribución que va desde los 10° a los 30° de Latitud Sur, mientras que altitudinalmente se reporta a *Cryphiops caementarius* hasta los 1700 m.s.n.m. en el Río Majes, es decir que prácticamente todos los ríos de la vertiente occidental del sur del Perú tienen una población importante de *Cryphiops caementarius*, pareciendo que las poblaciones con mayor éxito ecológico se encuentran en los ríos Ocoña, Majes- Camaná, y Tambo (Reyes *et. al.*, 2006).

### 1.6.1. MORFOLOGIA

El cuerpo de *Cryphiops caementarius* presenta 21 somites, siendo del primero al sexto los que corresponden al protocéfalo, del séptimo al decimocuarto al gnatotórax y del decimoquinto al vigésimo primero al abdomen. La forma de su cuerpo es fusiforme con aplanamiento lateral ligero. Se sabe que cada segmento debería poseer un par de apéndices, pero por efectos evolutivos en algunos somites se han perdido. El cuerpo se halla cubierto de una capa quitinosa endurecida por incrustaciones de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), excepto en las articulaciones donde tiene una estructura membranosa que permite la movilidad de los apéndices locomotores y también de los somites (Yabar *et al*, 2004).

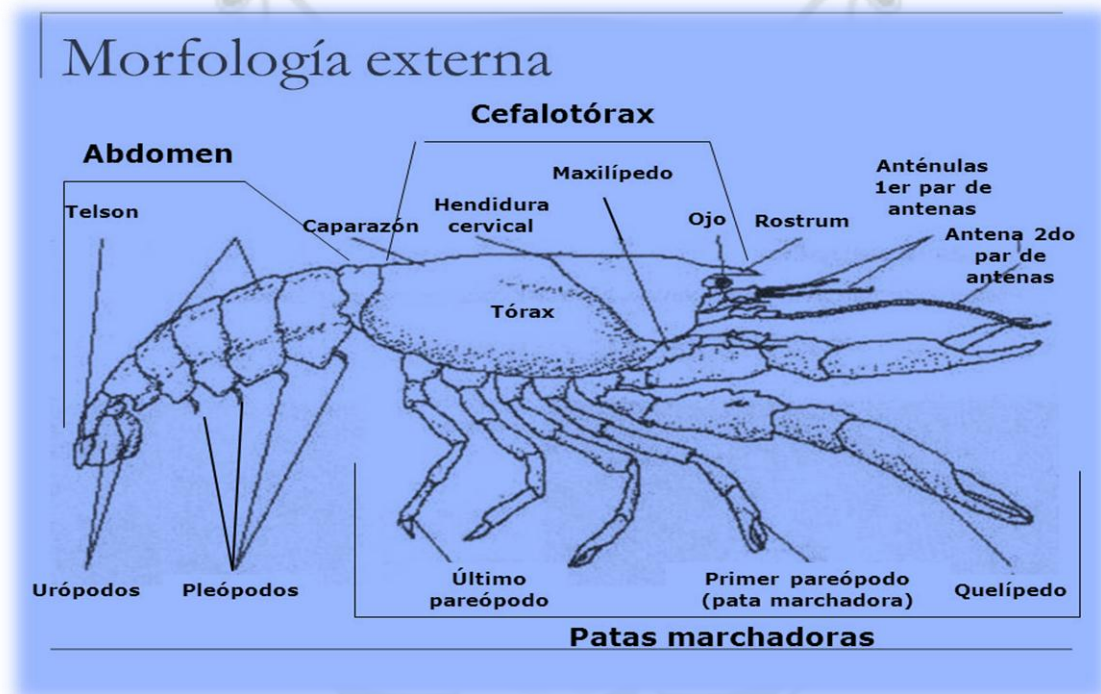


Figura 11: Morfología del camarón

El Protocéfalo, como ya se ha mencionado, está conformado por los seis somites iniciales donde se encuentran tres estructuras precefálicas separables: los órganos visuales, las anténulas y las antenas como apéndices pares; y el labro entre las estructuras más notables.

La segunda zona corporal, el gnatotórax, presenta apéndices pares tales como paragnata, maxila, maxilípedos, y cinco pares de periópodos o patas ambulatorias. En el

abdomen se encuentran seis pares de pleópodos, dos pares de urópodos y un telson que constituye la parte final del cuerpo (Yabar *et al.*, 2004).

### 1.6.2. REGION CEFALOTORAXICA

Está conformada por la parte anterior del cuerpo comprendida entre el extremo del rostro (prolongación ubicado en un extremo superior de la cabeza) y la parte media del cuerpo (final del tórax).

La parte externa del cefalotórax, se ubica la cabeza en donde aloja los órganos y glándulas especializadas del camarón, tales como: el rostro, ojos pedunculares, anténulas, antenas, boca, tórax.

De la parte ventral del tórax emergen cinco pares de patas o periópodos, son de diferentes tamaños, terminando los dos primeros pares en forma de tijera. En los machos adultos el segundo par de patas es conocido como tocolas o quelas que sobresale nítidamente en grosor y tamaño.

Parte interna del cefalotórax, se encuentra la masa cerebral, dos glándulas gonadales, un sistema cardiovascular, bazo, riñón, hígado, branquias ramificadas, glándulas verdes, estómago y la primera porción del sistema digestivo (Morales, 2016).

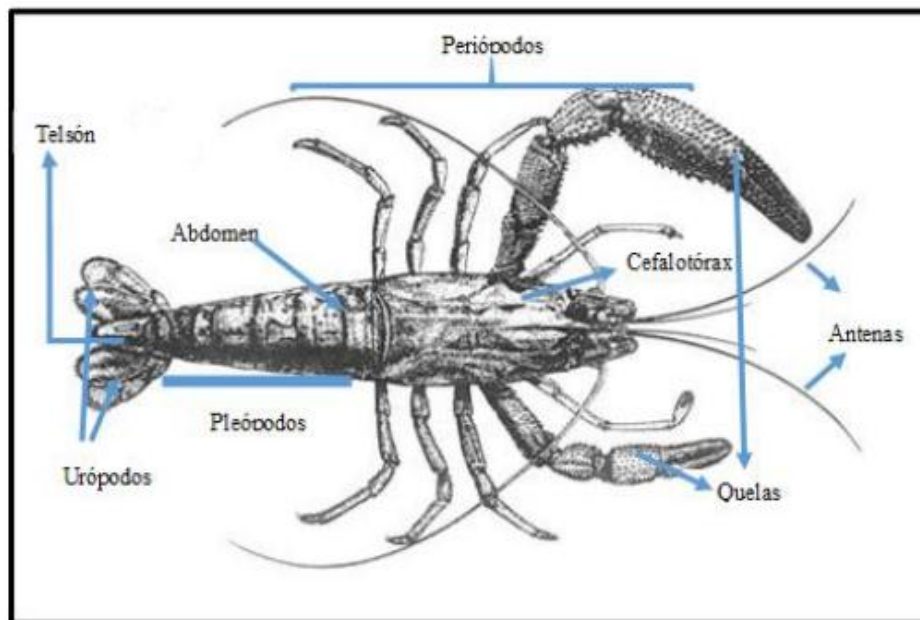


Figura 12: Estructura del camarón

### 1.6.3. DIMORFISMO SEXUAL

Los *Cryphiops Caementarius* es una especie heterosexual, tanto en condiciones naturales como en cautiverio. Los machos se reconocen por la presencia del orificio genital en el artejo basal del quinto par de periópodos, mientras que las hembras lo

presentan en el tercer par (Viacava *et al.* 1978). Existe una marcada diferenciación morfológica, el macho y la hembra, presenta una forma característica definida que los diferencia:

- **Los machos:** Son especímenes más grandes, fuertes, robustos y alcanzan tallas hasta 30 cm., tienen el segundo par de los periópodos más grueso y alargado que las hembras, su poro genital está ubicado en la base del quinto par de periópodos. Presenta un par de patas ambulatorias (periópodos) de consistencia gruesa en forma de tijeras, siendo conocidas como tocolas o quelas; es su órgano de defensa.



Figura 13: Especímen macho y hembra de camarón de río.

- **Las hembras:** Las hembras adultas son de tamaño medio de 8 a 12 cm, presentan el vientre amplio y con pleópodos inferiores que emergen de una cámara convergente (pleópodos). El segundo par de patas ambulatorias (quelas) son de igual tamaño y de menor tamaño que la de los machos. Su poro genital (un par de puntitos) se le encuentra en la base del tercer par de patas ambulatorias.

#### 1.6.4. HABITAT

El camarón de río es un recurso hidrobiológico de origen dulceacuícola propio de las zonas templadas entre 22 a 28 °C de preferencias por aguas lóxicas, de corriente

moderada, de coloración semitransparente, con fondo areno pedregoso, fangoso y cuyas orillas presenten vegetación acuática con raíces ramificadas.

En la cuenca de los ríos, forma grupos poblacionales cuando son jóvenes y presentan vivencia de tipo solitario en estado adulto, son muy agresivos (Zacarías, 2015).

El camarón de río así como todas las especies de la naturaleza, requiere para su supervivencia de ciertas condiciones ambientales, climatológicas, en el cual puedan desarrollarse normalmente y preservar la especie.

Entre las condiciones que requiere el camarón de río para su desarrollo y supervivencia se considera los siguientes parámetros:

- Temperatura: El camarón de río vive en rangos de temperatura de 10 a 25° C.
- Potencial de Hidrógeno (pH): El rango de pH óptimo donde el camarón no sufre consecuencias mayores está entre 6 a 8 unidades.
- Oxígeno disuelto: El camarón de río no es tan exigente con el oxígeno pudiendo sobrevivir en aguas con 3 ppm de oxígeno disuelto.

#### **1.6.5. FECUNDIDAD**

El conteo de huevos por hembra presenta bastante divergencia entre los autores, así por mencionar un ejemplo datos reportados por Portugal y col. (2003) mencionan la existencia de camarones hembras con longitudes de 4 a 4,8 cm. que desovan entre 1 000 y 2 000 huevos, camarones con longitudes de 7 a 7,9 cm desovan entre 16 000 a 22 000 huevos, mientras que los de 11 a 11,5 cm desovan entre 55 000 a 60 000 huevos. Castro (1966), citado por Bahamonde y Vila (1971), menciona que una hembra de 10,5 cm de longitud contiene en promedio 16 000 huevos en el Río Aconcagua en Chile; aunque Bahamonde y Vila (1971) mencionan también que hembras de 10,8 cm capturadas en Río Limari en ese mismo país, llegan a desovar alrededor de 67000 huevos.

#### **1.6.6. APAREAMIENTO Y COPULA**

Portugal y col. (1978), estiman que el apareamiento presenta las siguientes fases:

Cortejo prenupcial

El macho rodea a la hembra y la lleva a un lugar protegido del acuario allí la sujeta con el primer par de periópodos, luego el macho se coloca sobre ella frotando con el primer par de periópodos el cefalotórax de está intentando invertirla.

#### Muda pre – apareamiento

La hembra aún apoyada sobre el fondo, con un movimiento algo brusco se despoja rápidamente de su caparazón.

#### Apareamiento propiamente dicho

Macho y hembra ponen en contacto sus porciones ventrales del cefalotórax, aquí con un movimiento brusco del abdomen en macho eyacula sobre la hembra.

#### Ingesta de la exuvia y cuidado de la hembra

Luego de la impregnación el macho ingiere las porciones del caparazón exubiado y cuida de la hembra con sus periópodos. La duración total del apareamiento es de 25 minutos.

### 1.6.7. DESOVE

Bocado y col. (2007) ha reportado una mayor concentración de hembras pegadas a la zona estuarial del río en los meses de verano.

Según Elías (1974) *Cryphiops caementarius* se reproduce durante todo el año con su máximo entre enero y marzo para el río Majes.

Castro (1966), citado por Bahamonde y Vila (1971), indica la presencia de hembras ovígeras en el Río Coquimbo en la primera semana de noviembre y en el Río Aconcagua en la primera semana de diciembre.

Las hembras luego del desove tienen el abdomen más ancho y una membrana de color oscuro en la parte ventral, la cual según Elías (1974) desaparece acorto plazo como consecuencia de una muda postdesove que ocurre en las siguientes dos horas luego de realizado éste.



Figura 14: Cada reproductiva del camarón

### 1.6.8. HUEVOS

Según Portugal y col. (1997) los huevos de *Cryphiops caementarius* son ligeramente ovoides con un eje mayor que va de 0,7 mm a 1,6 mm en el momento de la eclosión, los cuales permanecen unidos por una membrana delgada llamada mucílago. Castro (1966), citado por Bahamonde y Vila (1971), señala que el tamaño medio de los huevos es de 0,5 mm.

Norambuena (1977), mencionado por Muñoz (1999), describe que todos los huevos que porta una hembra presentan macroscópicamente el mismo tamaño y desarrollo, existiendo diferencias al microscopio en cuanto al diámetro que fluctúa entre 600 micrones en los primeros estadíos del huevo y 800 micrones en los últimos estadíos cuando la larva está a punto de eclosionar. El periodo de incubación dura aproximadamente 25 a 30 días dependiendo de las condiciones abióticas, especialmente la temperatura; llegando a registrar periodos de incubación incluso hasta de 13 días.

Los huevos se encuentran cubriendo casi totalmente la cara inferior del abdomen unidos y protegidos por los pleópodos, los cuales le proporcionan oxigenación y limpieza de las partículas extrañas.

Elías (1974) ha diferenciado tres estadios de desarrollo de los huevos, mientras que Norambuena (1977), citado por Muñoz (1999), diferencia los siguientes cuatro estadios:

#### Estado I

Huevo totalmente pigmentado, de coloración rojo intenso; vitelo distribuido uniformemente por toda su superficie; no se ha diferenciado ninguna estructura.

#### Estado II

Disminuye la cantidad de vitelo tornándose el huevo de un color rojo claro. Aparecen los esbozos de ojos, como manchas oscuras, sin facetas de forma elíptica y a ambos lados del huevo.

#### Estado III

El color del huevo se torna más claro, el vitelo se reduce en un 50%, las manchas oculares son de mayor tamaño y facetadas. Aparecen pequeñas manchas rojas en el área que posteriormente ocupará el cefalotórax y el abdomen, estas manchas rojas corresponden a zonas primarias de cromatóforos.

#### Estado IV

El huevo aparece de un color más claro, casi transparente, la larva ya está formada, pudiéndose diferenciar cefalotórax y abdomen, además de 4 manchas que corresponden a masas de cromatóforos, ubicadas un par en el extremo posterior del cefalotórax y el otro al nivel del segundo y tercer segmento abdominal. En el extremo anterior del huevo se observa una zona transparente que corresponde al área de eclosión de la larva. Observada bajo el microscopio puede observarse el movimiento de las láminas branquiales.

### 1.6.9. ECLOSION

Portugal y col. (2003), sostiene que en el momento de la eclosión, las larvas mueven rítmicamente los periópodos, antenas y anténulas con la función de debilitar la zona de eclosión. La larva sale del huevo en posición invertida exponiendo primero el abdomen y después el cefalotórax, encontrándose ambas zonas del cuerpo a un mismo nivel en el interior del huevo. La eclosión se produce simultáneamente en casi todos los

huevos existiendo un porcentaje que se desprende en forma previa por el movimiento de los pleópodos.

Portugal y col. (2003), dicen que la zona principal de eclosión de los huevos está en el estuario del río sin embargo cuando las hembras o sus huevos no llegan a las vecindades del mar, por impedírsele algún obstáculo, el camarón nace en agua dulce.

#### 1.6.10. LARVAS

La fase larval dentro del ciclo biológico de *Cryphiops caementarius* es la más controvertida; sin embargo a partir de los intentos de desarrollo de *C. caementarius* en condiciones de laboratorio y observaciones realizadas en su medio natural, Vinatea (1997) describe los siguientes cuatro estadios larvarios:

- 1er. Estadío Larvario, del primer al tercer día de eclosión con una longitud de 2,0-2,1 mm.
- 2do. Estadío Larvario, del cuarto o quinto día al décimo sexto día con una longitud de 2,2 – 2,35 mm.
- 3er. Estadío Larvario, del décimo sexto al vigésimo primer día con una longitud de 2,4 – 2,8 mm.
- 4to. Estadío Larvario, del vigésimo segundo día en adelante con una longitud de 2,8 - 3,0 mm.

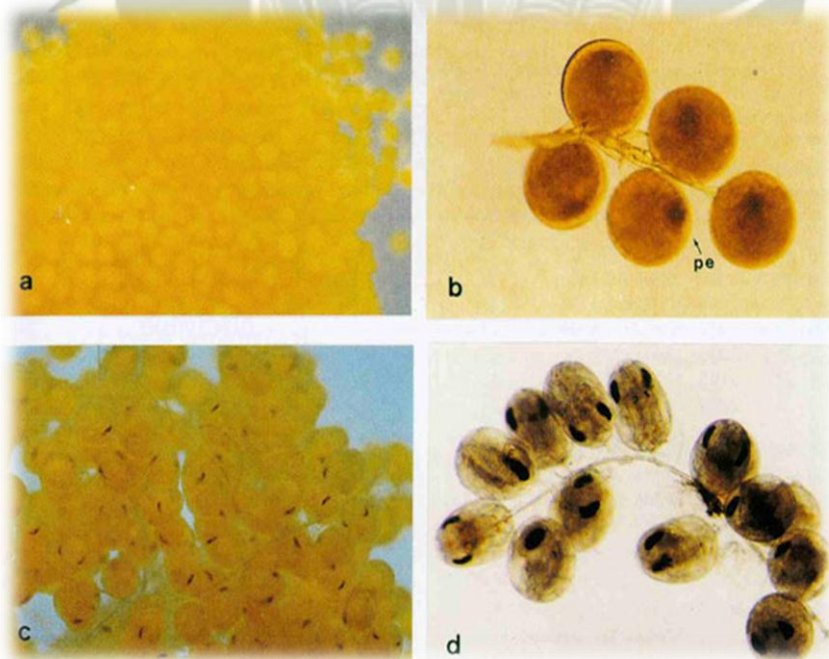


Figura 15: Proceso larvario del camarón

Tello y col. (2006), ha denominado a estos estadios con los nombres de zoea I, zoea II, zoea (n) y postlarva. La transición de larva a adulto está dada por los juveniles, el estadio más fácil de diferenciar es el estadio juvenil que se observa en grandes grupos migrando río arriba (reotaxia negativa). Estos juveniles fueron denominados por Hartmann (1959) como estadio mysis, tienen un longitud de 1,2 a 2,0 cm., su cuerpo es transparente, algunas veces se les observa con manchas verdes en su interior, posiblemente por su dieta, además su desplazamiento es exclusivo de lo que pueden hacer sus pleópodos y no tienen movimiento del abdomen como en el estado adulto (Bocado, 2002).

#### 1.6.11. ADULTOS

El adulto de *C. caementarius* permanece durante el día en las zonas profundas del río o escondido entre la vegetación, su actividad aumenta al empezar el anochecer, momento en el cual sale de sus escondites para buscar alimento (Bocado, *et. al.* 2007). Algunos autores reportan actividad durante toda la noche, no obstante Bocado y col. (2007) manifiesta que la mayor actividad se realiza en horas del amanecer y anochecer.

Bocado y col. (2007), sostienen que *C. caementarius* se encuentra en aguas lólicas y también en aguas lénticas, por lo general refugiado entre la vegetación o bajo las piedras protegiéndose de la luz. Además sostienen que el camarón de río, se refugia en cuevas que construye con limo, arena y piedras, en donde se puede encontrar a un solo macho con 7 a 10 hembras.

No obstante, Hartmann (1959), sostiene que *C. caementarius* posee fototropismo positivo, en el que se basaría el método de captura con ayuda de lámparas, discrepando con los autores anteriormente mencionados.

Bocado y col. (2007) sostiene que los desplazamientos de *C. caementarius* a cortas distancias son realizados con el uso de periópodos, pero pueden fugar violentamente con contracciones de su abdomen y sus pleópodos. Son animales eminentemente bentónicos que viven normalmente entre temperaturas que oscilan entre los 10 a 24 °C, sin embargo toleran pueden tolerar temperaturas hasta los 30 °C; mientras que la salinidad tope para ellos es de 15‰. Además el autor refiere un requerimiento de oxígeno en función al tiempo, frente a un medio deficitario de él, por lo que tiene un alto

grado de consumo y requerimiento de oxígeno contradiciendo a lo aseverado por Elías (1974).

### 1.6.12. MIGRACIONES

Hartmann (1959), describe dos tipos de migración: la migración estacional de hembras durante el verano para desovar en la desembocadura de los ríos (reotaxia positiva) y luego el ascenso de estas hembras y los juveniles río arriba (reotaxia negativa). Se hace notar que esta migración ocurre todo el año, pero se acentúa más en los meses de verano. El otro tipo de migración a que se refiere Hartmann (1959), es la que realizan diariamente de las zonas profundas a las poco profundas con fines de alimentación, esto en las horas de poca luz, y el retorno a sus escondites en el día.

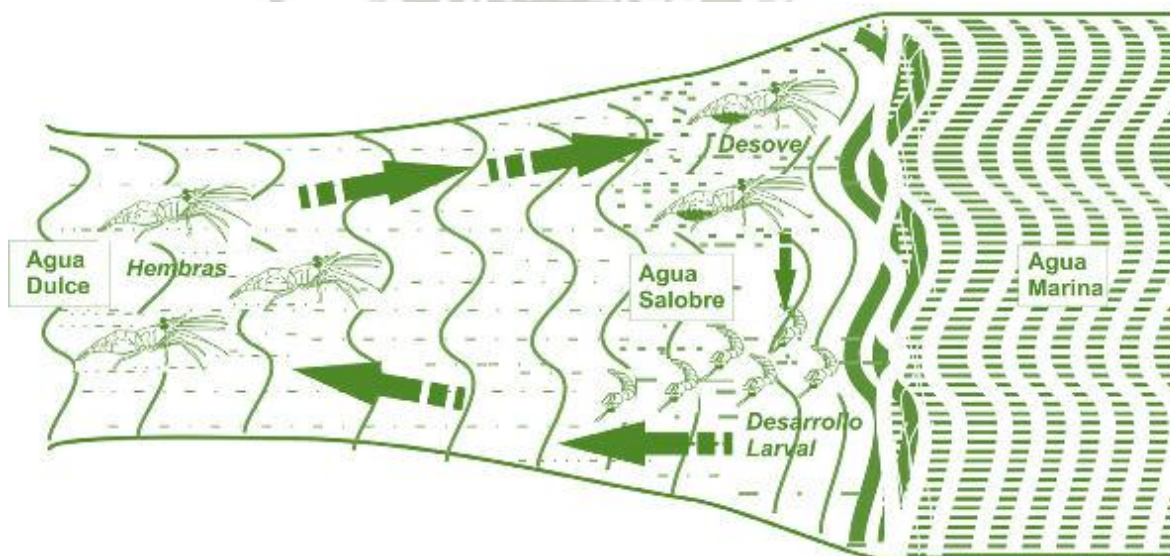


Figura 16: Migración del camarón para el desove

Yépez y Bandin (1997), mencionan que de enero a marzo (verano), el número de hembras en los últimos tramos del río, es mayor que al de los machos; de abril a junio (otoño) en las partes altas se llega a alcanzar un 99% a favor de los machos, mientras que en la desembocadura el número de hembras es mayor que el de machos. De julio a septiembre (invierno) las hembras siguen en aumento progresivo río arriba: de octubre a diciembre (primavera) la relación entre hembras y machos tiende a equilibrarse.

### 1.6.13. ALIMENTACION

El camarón durante su desarrollo y crecimiento acepta todo tipo de alimento (natural y artificial), puede ser omnívoro, carnívoro, detritívoro y hasta caníbal.

En estadios larvales y post larvales es de tipo planctónico (fito y zoo) y consume larvas de otros animales. En los ríos es conocido como un animal que se alimenta de "carroña" (carne descompuesta de aves y mamíferos son su predilección), pero también se alimentan de algas, detritos o materia orgánica muerta (restos de plantas, hojas, etc.) e insectos muertos.



Figura 17: Alimentación del camarón

Su alimentación puede clasificarse de oportunista; virtualmente puede alimentarse de todos los niveles tróficos existentes en su ecosistema, lo que se conoce como politrofia, se alimenta en horas del atardecer o en horas de la mañana, ubicándose preferentemente entre las raíces y vegetación que cubre las riberas de los ríos.

#### **1.6.14. PROPIEDADES NUTRICIONALES**

La propiedad nutritiva de los camarones cambia de acuerdo con la alimentación, ubicación geográfica, especie y edad; sin embargo, todos son ricos en proteínas, contiene un alto valor nutritivo, además de pocas calorías.

Su sabor, versatilidad, lo convierte en el amo y señor de los grandes festines gastronómicos. Estudios en nutrición, dicen que 25 los camarones son una excelente fuente de proteínas (crustacianina) de alta calidad de grasas poliinsaturadas, así como de

vitaminas (tiamina, riboflavina, niacina, B6, B12, y ácido pantoténico) y minerales (calcio, cinc, cobre, flúor y fósforo).

Las grasas de los camarones son, en su mayoría poliinsaturadas, contienen cantidades moderadas del ácido graso omega-3, un componente terapéutico altamente solicitado porque evita la arterioesclerosis, reduce el riesgo cardiovascular, alivia los dolores menstruales, previene el cáncer de mama, es antidepresivo y protege al intestino delgado (Alejandro Armiñan, 2004).

Componente	Por 100 g. de porción Comestible	Por ración (150g)
<b>Energía (Kcal)</b>	82	57
<b>Proteínas (g)</b>	17.6	12.1
<b><math>\omega</math>-3 (g)</b>	0.01	0.0
<b>Colesterol (mg)</b>	195	134.6
<b>Calcio (mg)</b>	79	54.5
<b>Hierro</b>	1.6	1.1
<b>Magnesio (mg)</b>	34	23.5
<b>Sodio (mg)</b>	190	131.1
<b>Potasio (mg)</b>	330	227.7
<b>Fosforo (mg)</b>	180	124.4
<b>Ac. Fólico (<math>\mu</math>g)</b>	12	8.3
<b>Vit. B12 (<math>\mu</math>g)</b>	7	4.8
<b>Vit. E (<math>\mu</math>g)</b>	2.9	2

Valor nutricional del camarón  
Fuente: Seafood Handbook 1986. Serie 2.

#### 1.6.15. EXTRACCIÓN DEL RECURSO CAMARON DE RIO

La extracción camaronera en los ríos está regida por variaciones que tienen lugar durante el año, de acuerdo con la temperatura del agua y los hábitos migratorios de la especie.

Castillo (1998), refieren dos grandes períodos de captura: el primero, que corresponde a la recolección de camarones “en aguas claras” y el segundo a la recolección “en época de agua turbia”. Su pesquería se desarrolla principalmente hasta el nivel de los 750 m.s.n.m. y el flujo de la comercialización del camarón, por el número de niveles involucrados, determina una considerable variación en el precio desde que es extraído del río por el recolector hasta que llega a manos del consumidor.



Figura 18: Producción del camarón de río

La extracción del camarón en los ríos del departamento de Arequipa se desarrolla a gran escala debido a la alta demanda que tiene el camarón, que en épocas de autorización de pesca de Abril a Diciembre, sus flujos comerciales son dirigidos hacia los mercados de Arequipa y Lima en mayor proporción; en menor volumen se comercializa en los mercados de las provincias.



Figura 19: Extracción del camarón de río



## **CAPITULO II**

# **MATERIAL Y METODOS**

## 2.1. TIPO DE INVESTIGACION

En este trabajo se utilizó 30 muestras de camarones juveniles *Cryphiops caementarius* de los ríos Ocoña (10), Majes - Camaná (10) y Tambo (10), el tipo de investigación es a través de monitoreo de campo y también experimental, llevando a cabo un estudio de muestras realizado en el laboratorio de Ensayo y Control de Calidad de la Universidad Católica de Santa María.

## 2.2 AREA DE ESTUDIO

El estudio a realizar, comprende los ríos del departamento de Arequipa, dentro de ellos los más conocidos por su caudal y riqueza ictiológica (crustáceos) encontramos los siguientes:

- Río Ocoña.
- Río Majes- Camaná.
- Río Tambo.

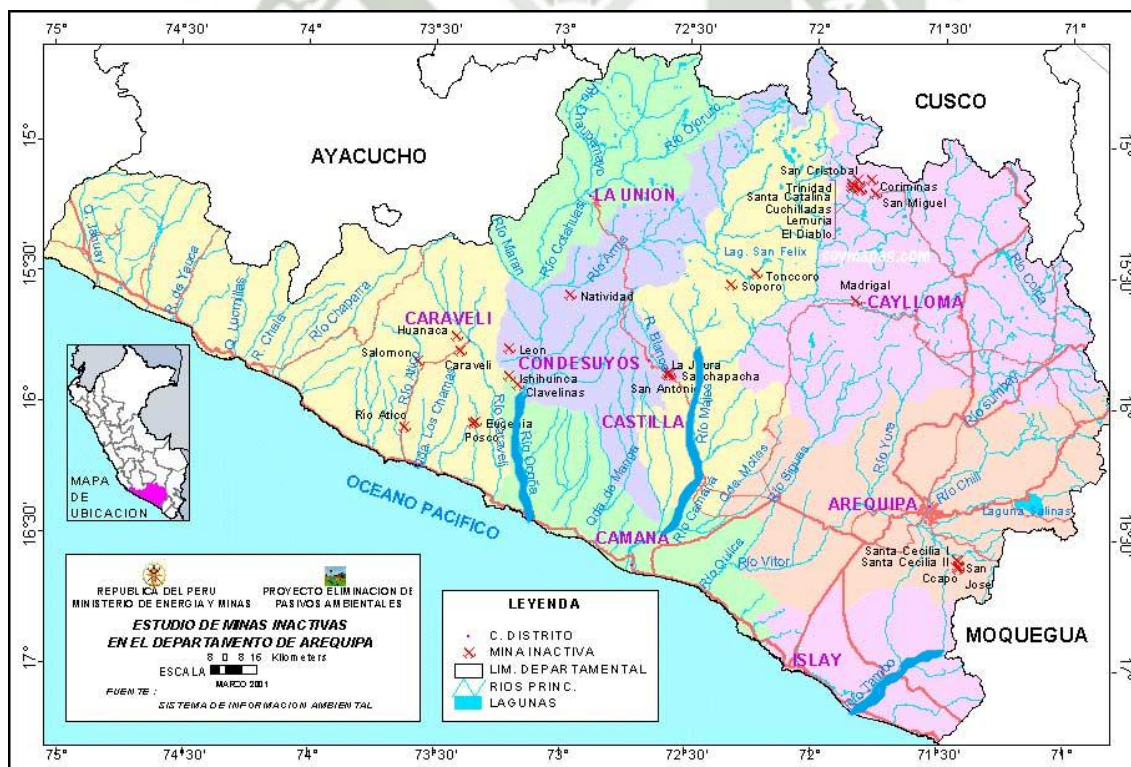


Figura 20: Mapa de Ríos de Arequipa

## 2.3 METODOS Y TECNICAS

### 2.3.1 MATERIAL DE LABORATORIO

#### ❖ Equipo de Laboratorio:

- Refrigeradora
- Cronometro
- Centrifuga
- Estufa
- Equipo de digestión Hot Block Pro
- Espectrómetro de Plasma Inducido ICP-OES
- **Reactivo:** HNO<sub>3</sub> y HClO<sub>4</sub>

#### ❖ Material de Laboratorio:

- Placa Petri
- Tubos de digestión
- Fiola de 50 ml
- Tubos de lectura Falcon

#### Recursos financieros

- ✓ Autofinanciado

#### ❖ Material Biológico:

- Se tomó 30 muestras de camarón de río, correspondiendo 10 muestras a cada cuenca, siendo:
  - ✓ 10 muestras del río Ocoña.
  - ✓ 10 muestras del río Tambo.
  - ✓ 10 muestras del río Majes- Camaná.

### 3.2.2. METODOS

#### 3.2.2.1. PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA

Se tomó la muestra la muestra en el río Ocoña, en la parte alta del sector minero de Secocha, otra muestra fue de la desembocadura del río al mar y las otras muestras fueron de los caseríos de Santa Rita, Iquipí y del puente.

La muestra del río Tambo, fue tomada en la parte alta del río Tambo, en el puente de Tambo y en Cocachacra.

La muestra del río Majes- Camaná, fue extraída de la zona de Sarcas, La Real, el puente de Camaná y la desembocadura del río al mar.

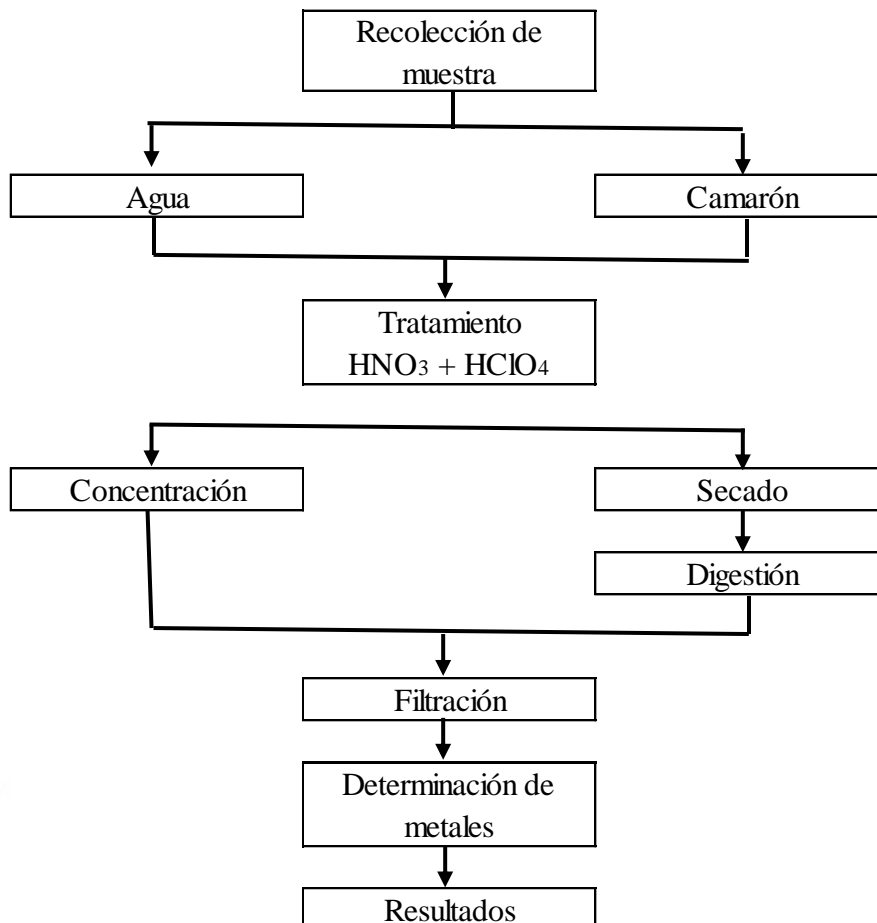
Estas muestras fueron extraídas en los meses de Noviembre y Diciembre del 2016, para ser estudiadas posteriormente en el Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad de la UCSM; siendo las muestras trasladadas en cajas de tecnopor con hielo seco.



Figura 21: Vistas de muestras de la recolección del camarón

### 3.2.2.2. DETERMINACION DEL CONTENIDO DE METALES PESADOS EN EQUIPO ICP OES

Espectrometría de Plasma Inducido.



La muestra del cefalotórax del camarón de río se extrae y se pone en una placa Petri a desecar en la estufa a una temperatura de 50°C por 1:30 hrs, para sacar la humedad; luego se estabiliza en el desecador por 1hr, se pesa 1gr en cada tubo de digestión con 8ml de HNO<sub>3</sub> y 2 ml de HClO<sub>4</sub> , y se lleva al equipo de digestión (HotBlockPro) por 1hr.

Después de enfriado el tubo de digestión, se transfiere el contenido a una fiola de 50 ml con agua ultrapura, mezclar bien y agregar el contenido a los tubos de lectura e ingresar al equipo de espectrometría de plasma inducido ICP OES; para determinar los metales pesados existentes en la muestra.

## 2.4 ANALISIS ESTADISTICO

Los datos se expresarán como promedios, ya que el equipo utilizado para el estudio de muestras, arroja una amplia data; la cual servirá como base de datos para hacer los cálculos estadísticos que nos permitan manejar promedios.

Para poder efectuar un estudio más preciso, analizaremos las muestras a través de la prueba de ANOVA y la prueba de especificidad de Tukey. Para dicho estudio se utilizó el paquete estadístico computarizado SPSS versión 23.0 para Windows 10.





# **CAPITULO III**

## **RESULTADOS Y DISCUSION**

### 3.1. RESULTADOS DE LA INVESTIGACION

Se procesó la muestra de las tres cuencas estudiadas, en el Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad de la UCSM haciendo la limpieza de las mismas con agua desmineralizada, para posteriormente proceder a realizar el análisis en el equipo ICP OES.

#### 3.1.1. DETERMINACION DEL CONTENIDO DE MATERIALES PESADOS EN EL EQUIPO ICP OES

Los metales pesados obtenidos en las muestras estudiadas fueron:

- En el río Ocoña, se observó mayor presencia de Plomo (Pb) con un valor de 1.1 mg/kg.
- En el río Tambo, se observó mayor presencia de Arsénico (As) con un valor de 1.3 mg/kg.
- En el río Majes- Camaná, se observó mayor presencia de Arsénico (As) con un valor de 1.7 mg/kg.

#### 3.1.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

##### 3.1.2.1. ANOVA

Dentro de los análisis estadísticos realizados a la data para generar promedios, primero realizamos un estadístico descriptivo de los niveles de Metales pesados Arsénico (As), Cromo (Cr), Plomo (Pb) y Mercurio (Hg) encontrados en la muestras, en los diferentes ríos estudiados:

		N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
as	ocoña	10	,9050	,04428	,01400	,8733	,9367	,80	,97
	tambo	10	1,3000	,08165	,02582	1,2416	1,3584	1,20	1,40
	majes	10	1,7350	,11559	,03655	1,6523	1,8177	1,60	2,00
	Total	30	1,3133	,35453	,06473	1,1809	1,4457	,80	2,00
cr	ocoña	10	,9000	,02108	,00667	,8849	,9151	,86	,93
	tambo	10	,6860	,03596	,01137	,6603	,7117	,60	,72
	majes	10	,8820	,05203	,01645	,8448	,9192	,82	,96
	Total	30	,8227	,10534	,01923	,7833	,8620	,60	,96
pb	ocoña	10	1,1500	,10801	,03416	1,0727	1,2273	1,00	1,30
	tambo	10	,7870	,06667	,02108	,7393	,8347	,70	,90
	majes	10	,9020	,04894	,01548	,8670	,9370	,84	,98
	Total	30	,9463	,17170	,03135	,8822	1,0104	,70	1,30
hg	ocoña	10	,5100	,03590	,01135	,4843	,5357	,45	,57
	tambo	10	,9110	,03604	,01140	,8852	,9368	,85	,96
	majes	10	1,1050	,11655	,03686	1,0216	1,1884	,95	1,30
	Total	30	,8420	,26176	,04779	,7443	,9397	,45	1,30

Fuente: Elaboración Propia- ANOVA

Encontrando los siguientes valores:

- N: Tamaño de muestra estudiada.
- Media: es la suma de todos los datos dividida entre el número total de datos
- La desviación típica o desviación estándar: es una medida de dispersión para variables de razón (variables cuantitativas o cantidades racionales) y de intervalo. Se define como la raíz cuadrada de la varianza de la variable.
- Error típico: se refiere a las variaciones que son a menudo inevitables.
- Intervalo de confianza: Corresponde a un rango de valores, cuya distribución es normal y en el cual se encuentra, con alta probabilidad, el valor real de una determinada variable.
- Mínimo y Máximo: conocidos colectivamente como extremos de una función, son los valores más grandes (máximos) y los valores más pequeños (mínimos).

### 3.1.2.2. RESULTADOS DE POSTCOMPARACION DE TUKEY

En el estudio de Post comparación de Tukey , se realizó la evaluación de presencia de metales pesados, agrupando los mismos por cada metal:

#### ARSÉNICO

trat	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
ocoña	10	,9050		
tambo	10		1,3000	
majes	10			1,7350
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se observa mayor presencia de Arsénico en el río de Majes- Camaná.

#### CROMO

trat	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
tambo	10	,6860	
majes	10		,8820
ocoña	10		,9000
Sig.		1,000	,555

Se observa mayor presencia de Cromo en el río de Ocoña.

PLOMO

trat	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
tambo	10	,7870		
majes	10		,9020	
ocoña	10			1,1500
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se observa mayor presencia de Plomo en el río de Ocoña.

MERCURIO

trat	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
ocoña	10	,5100		
tambo	10		,9110	
majes	10			1,1050
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se observa mayor presencia de Mercurio en el río de Majes- Camaná.



**TABLA 1: NIVELES DE METALES PESADOS (mg/kg) EN CEFALOTÓRAX  
DE *CRYPHIOPS CAEMENTARIUS* EN EL RÍO OCOÑA**

**Octubre a diciembre 2016**

De las muestras trabajadas en el laboratorio, obtuvimos los siguientes resultados:

RÍO OCOÑA	
Metales Pesados	Resultado (mg/kg)
Plomo (Pb)	1.1
Arsénico (As)	0.9
Cromo (Cr)	0.9
Mercurio (Hg)	0.5

Fuente: Elaboración Propia

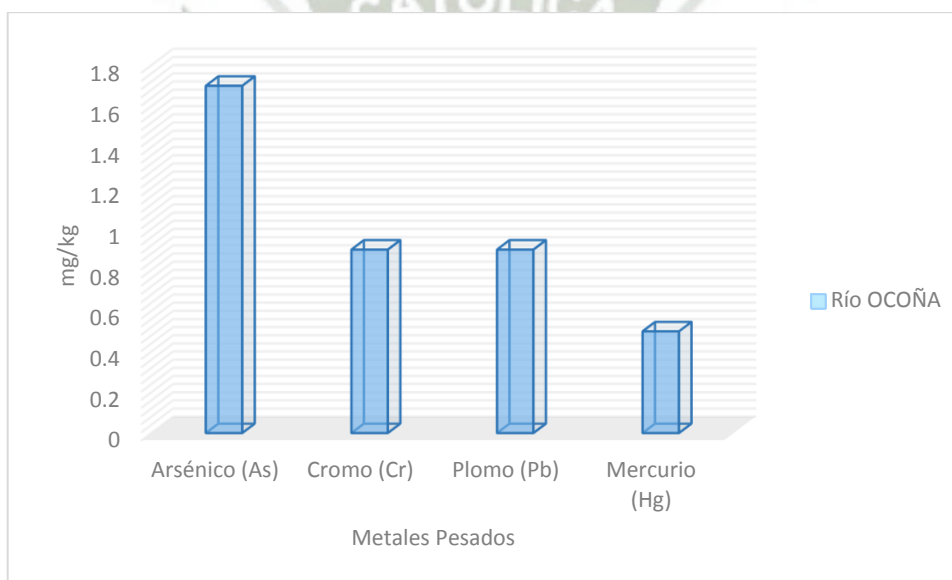


Figura 22: Metales pesados en río Ocoña

En este gráfico de diagrama de barras se observa mayor presencia de Plomo en el Río de Ocoña, seguido por el Arsénico y Cromo y finalmente el Mercurio.

**TABLA 2: NIVELES DE METALES PESADOS (mg/kg) EN CEFALOTÓRAX  
DE *CRYPHIOPS CAEMENTARIUS* EN EL RÍO TAMBO**

**Octubre a diciembre 2016**

De las muestras trabajadas en el laboratorio, obtuvimos los siguientes resultados:

RÍO TAMBO	
Metales Pesados	Resultado (mg/kg)
Arsénico (As)	1.3
Mercurio (Hg)	0.9
Plomo (Pb)	0.8
Cromo (Cr)	0.7

Fuente: Elaboración Propia

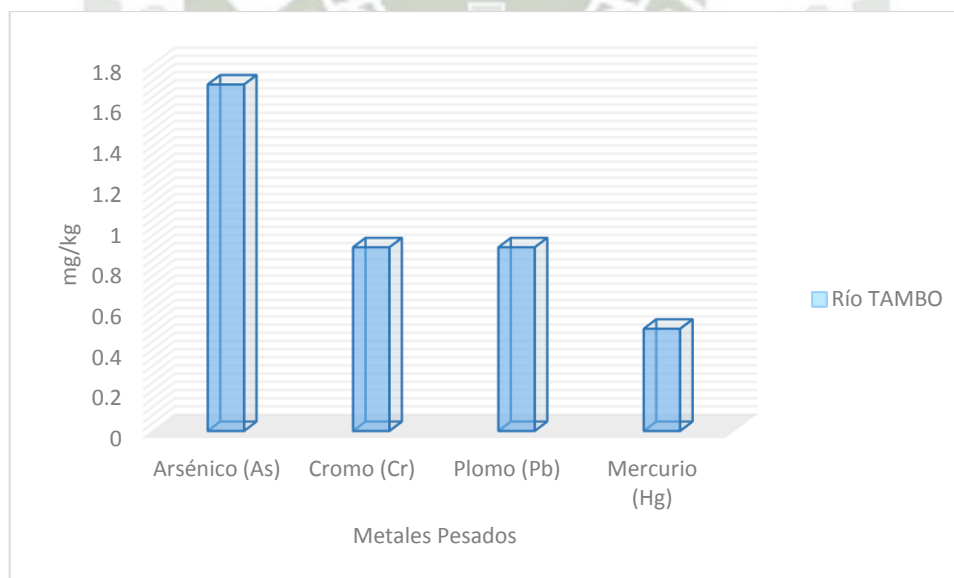


Figura 23: Metales pesados en río Tambo

En este gráfico de diagrama de barras se observa mayor presencia de Arsénico en el Río de Tambo, seguido del Mercurio, luego el Plomo y finalmente el Cromo.

**TABLA 3: NIVELES DE METALES PESADOS (mg/kg) EN CEFALOTÓRAX  
DE *CRYPHIOPS CAEMENTARIUS* EN EL RÍO MAJES- CAMANÁ  
Octubre a diciembre 2016**

De las muestras trabajadas en el laboratorio, obtuvimos los siguientes resultados:

RÍO MAJES- CAMANÁ	
Metales Pesados	Resultado (mg/kg)
Arsénico (As)	1.7
Cromo (Cr)	0.9
Plomo (Pb)	0.9
Mercurio (Hg)	0.5

Fuente: Elaboración Propia

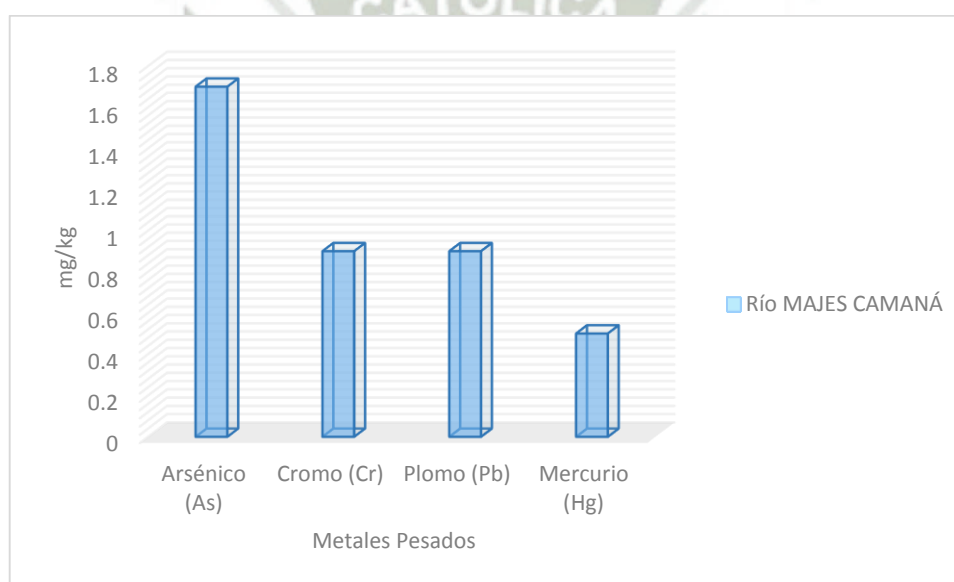


Figura 24: Metales pesados en río Majes- Camaná

En este gráfico de diagrama de barras se observa mayor presencia de Arsénico en el Río de Majes- Camaná, seguido del Cromo y el Plomo, finalmente el Mercurio.

**TABLA 4: NIVELES DE METALES PESADOS (mg/kg) EN CEFALOTÓRAX DE *CRYPHIOPS CAEMENTARIUS* EN LOS RÍOS OCOÑA, MAJES- CAMANÁ Y TAMBO.**

Octubre a diciembre 2016

Metales Pesados	Cuencas		
	Río Ocoña (mg/kg)	Río Majes- Camaná (mg/kg)	Río Tambo (mg/kg)
Arsénico (As)	0.9	1.7	1.3
Cromo (Cr)	0.9	0.9	0.7
Plomo (Pb)	1.1	0.9	0.8
Mercurio (Hg)	0.5	0.5	0.9

Fuente: Elaboración Propia

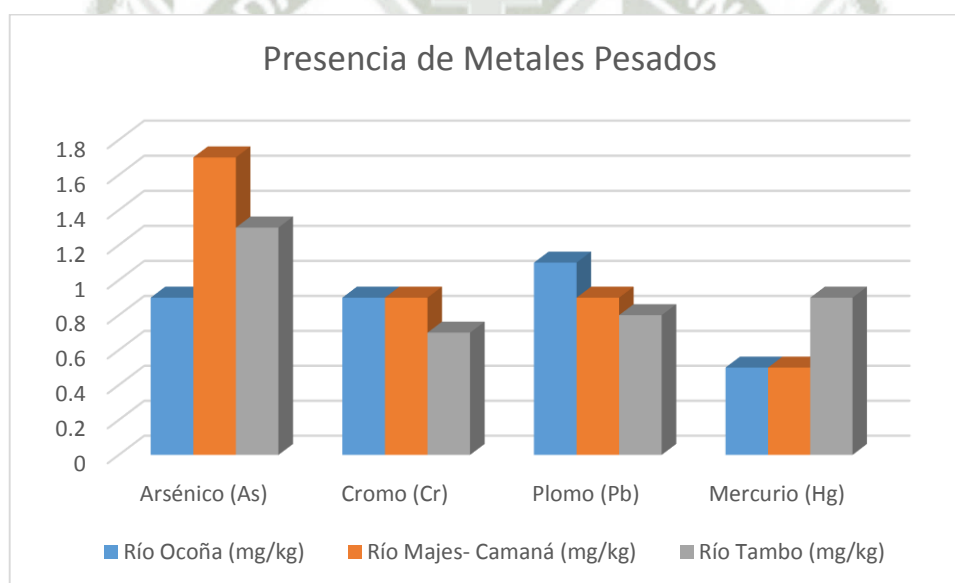


Figura 25: Comparativo de presencia de metales pesados en los ríos

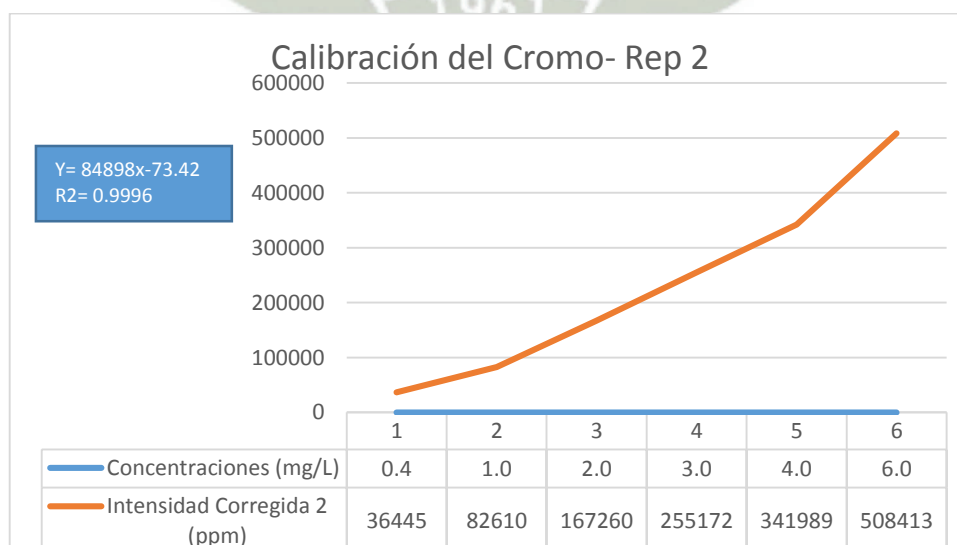
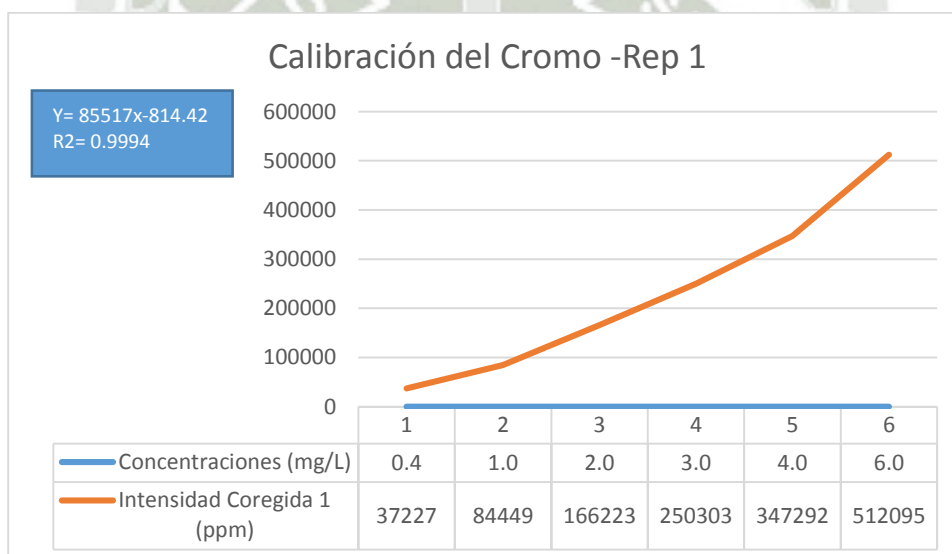
**TABLA 5**

**GRÁFICO DE CALIBRACIÓN DEL CROMO**

Calibración del Cromo

Concentraciones	Intensidad Corregida		X	S
	Rep1	Rep2		
0.4	37227	36445	36836	552.7
1.0	84449	82610	83530	1300.4
2.0	166223	167260	166741	733.6
3.0	250303	255172	252738	3443.1
4.0	347292	341989	344641	3749.9
6.0	512095	508413	510254	2603.9
a	-814.42	-73.42	-444	524.0
b	85516.76	84898.12	85207	437.4
r	0.9994	0.9996		

Fuente: Elaboración Propia



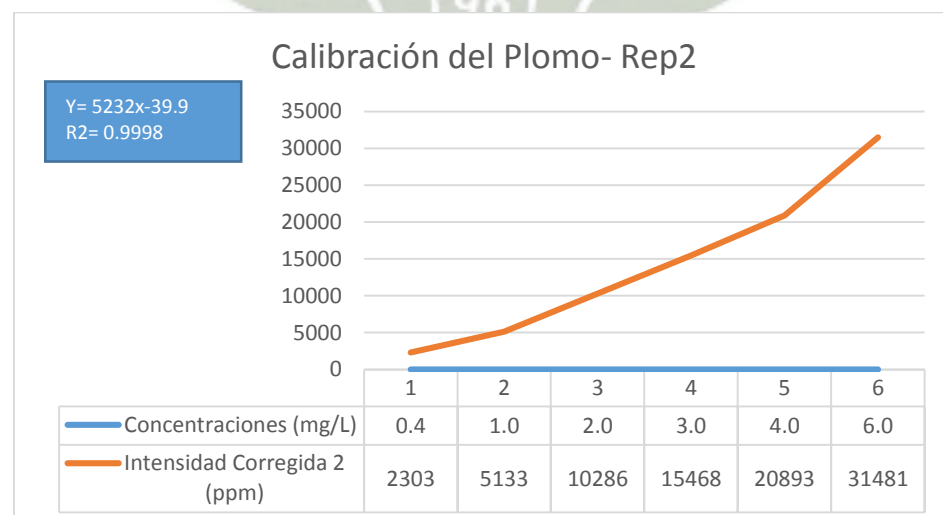
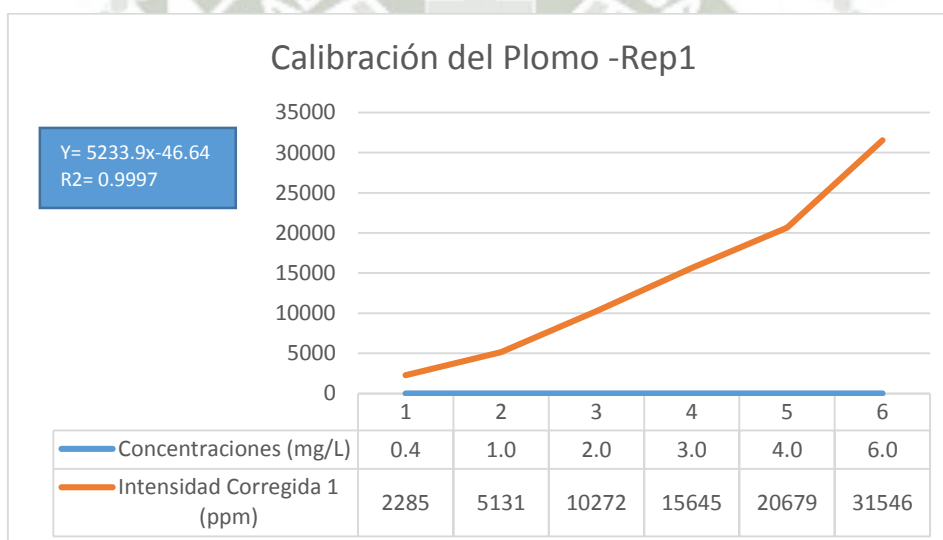
**TABLA 6**

**GRÁFICO DE CALIBRACIÓN DEL PLOMO**

Calibración del Plomo

Concentraciones	Intensidad Corregida		X	S
	Rep1	Rep2		
0.4	2285	2303	2294	12.4
1.0	5131	5133	5132	1.8
2.0	10272	10286	10279	10.2
3.0	15645	15468	15556	124.7
4.0	20679	20893	20786	151.6
6.0	31546	31481	31514	45.6
a	-46.64	-39.91	-43	4.8
b	5233.94	5231.96	5233	1.4
r	0.9997	0.9999		

Fuente: Elaboración Propia



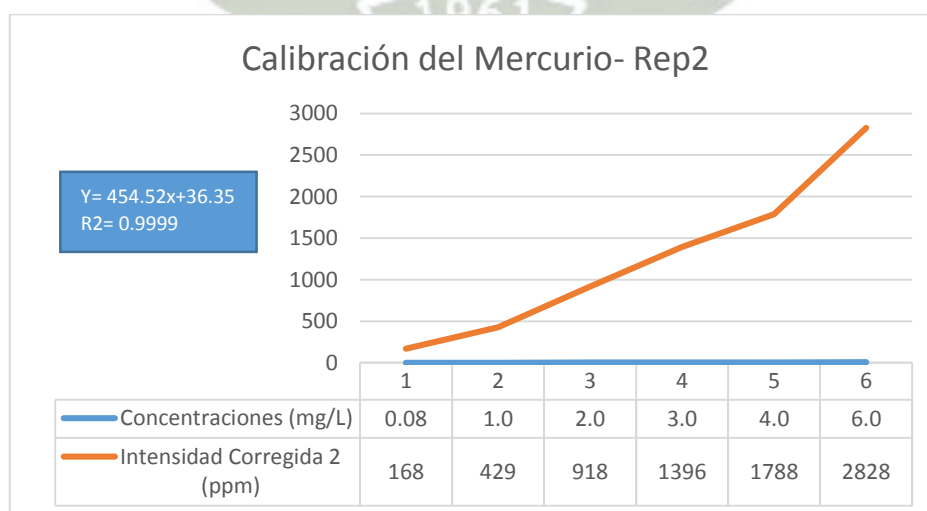
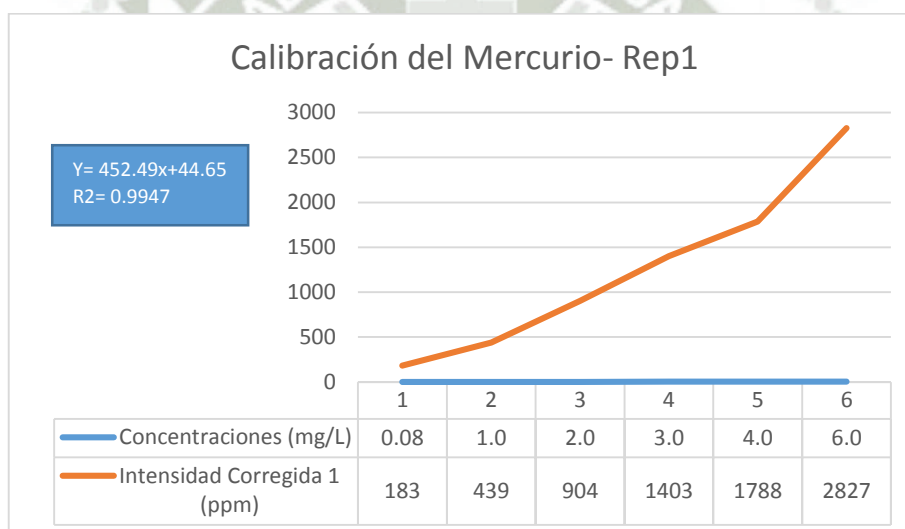
**TABLA 7**

**GRÁFICO DE CALIBRACIÓN DEL MERCURIO**

Calibración del Mercurio

Concentraciones	Intensidad Corregida		X	S
	Rep1	Rep2		
0.08	183	168	175	10.5
1.0	439	429	434	6.6
2.0	904	918	911	9.3
3.0	1403	1396	1400	5.3
4.0	1788	1788	1788	0.4
6.0	2827	2828	2827	0.6
a	44.65	36.35	40	5.9
b	452.49	454.52	454	1.4
r	0.9947	0.9999		

Fuente: Elaboración Propia



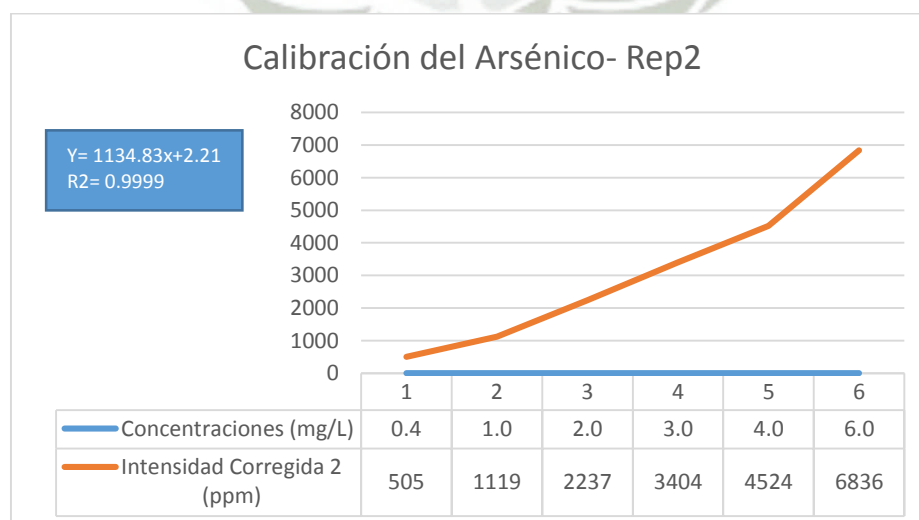
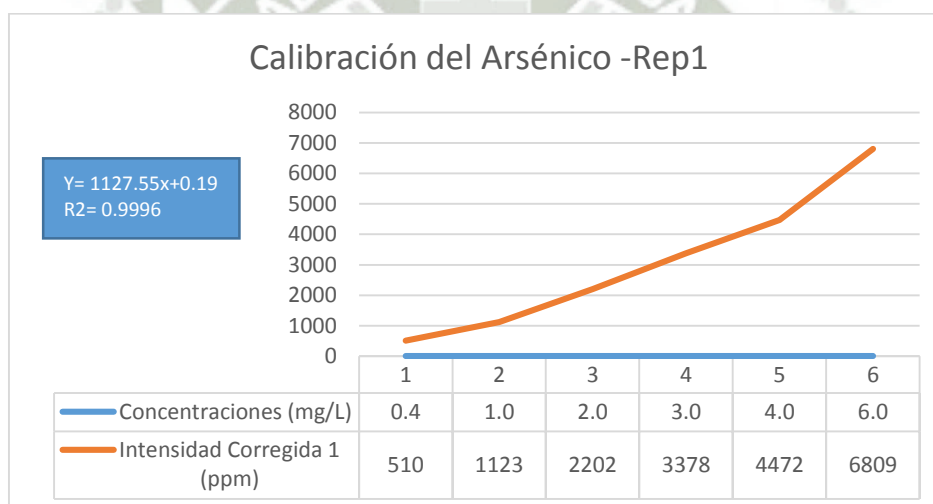
**TABLA 8**

**GRÁFICO DE CALIBRACIÓN DEL ARSÉNICO**

Calibración del Arsénico

Concentraciones	Intensidad Corregida		X	S
	Rep1	Rep2		
0.4	510	505	508	3.3
1.0	1123	1119	1121	3.4
2.0	2202	2237	2220	24.8
3.0	3378	3404	3391	18.7
4.0	4472	4524	4498	36.8
6.0	6809	6836	6822	19.2
a	0.19	2.21	1	1.4
b	1127.55	1134.83	1131	5.1
r	0.9996	0.9999		

Fuente: Elaboración Propia



## CONCLUSIONES

**PRIMERA:** Se observó niveles metales pesados en cefalotórax de *Cryphiops caementarius* en los diferentes ríos:

Metales Pesados	Río Ocoña (mg/kg)
Arsénico (As)	0.9± 0.04
Cromo (Cr)	0.9±0.02
Plomo (Pb)	1.1±0.10
Mercurio (Hg)	0.5±0.03

Metales Pesados	Río Majes- Camaná (mg/kg)
Arsénico (As)	1.7±0.11
Cromo (Cr)	0.9±0.05
Plomo (Pb)	0.9±0.04
Mercurio (Hg)	0.5±0.11

Metales Pesados	Río Tambo (mg/kg)
Arsénico (As)	1.3±0.08
Cromo (Cr)	0.7±0.03
Plomo (Pb)	0.8±0.06
Mercurio (Hg)	0.9±0.03

**SEGUNDA:** Se observó en orden decreciente la concentración de los metales detectados en el cefalotórax en los *Cryphiops caementarius* analizados, en río Ocoña; Pb>As>Cr>Hg; río Tambo, As>Hg>Pb>Cr y Majes As>Hg>Cr>Pb.

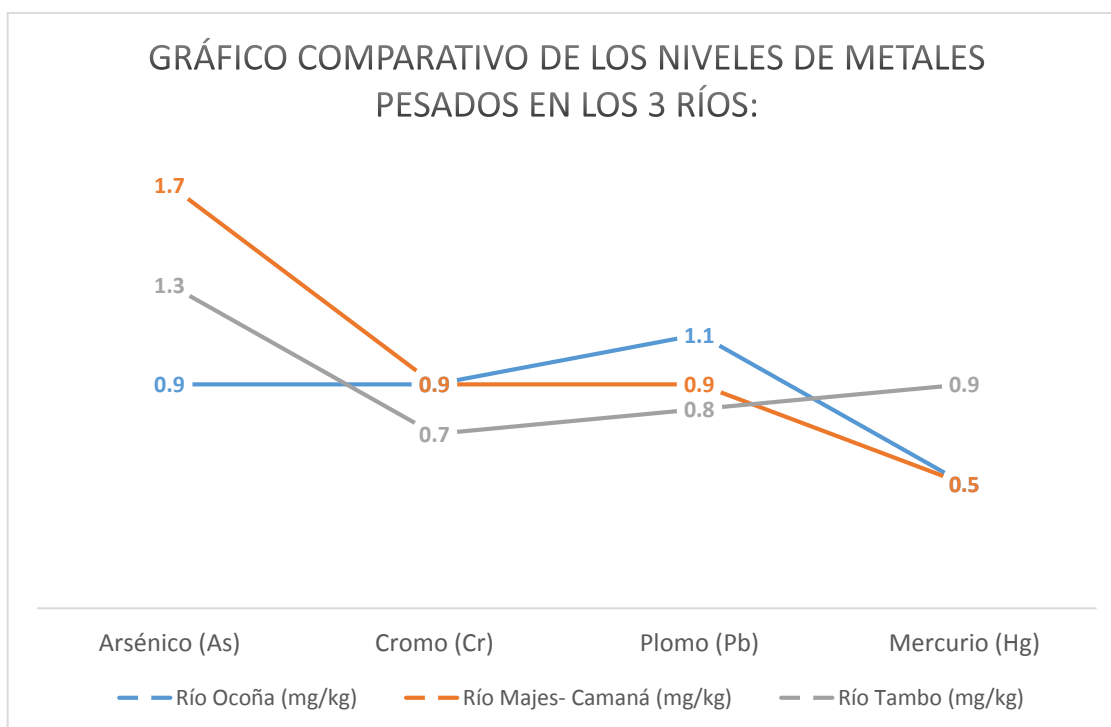


Figura 26: Comparación de niveles

**TERCERA:** Se comprobó que en cefalotórax de *Cryphiops caementarius* de los ríos Ocoña, Tambo y Majes se encuentran por encima de los valores permisibles que establece la FAO/OMS (Arsénico:  $0.45 \pm 0.07$  mg/kg, Cromo:  $0.2 \pm 0.04$  mg/kg, Plomo;  $0.10 \pm 0.02$  mg/kg, Mercurio  $0.41 \pm 0.04$  mg/kg).

## RECOMENDACIONES

**PRIMERA:** Se sugiere ampliar la investigación de la presencia de estos metales a todas las cuencas hidrográficas del Perú, y a su vez realizar un estudio basado en el análisis del agua para detectar los niveles o concentraciones de los metales pesados existentes en cada una de ellas; ya que sirven de alimento para seres vivientes pequeños.

**SEGUNDA:** Implementar tecnologías para la remediación de aguas contaminadas con metales pesados es una prioridad en nuestro País debido a que se cuenta con industrias en procesos de crecimiento, en las que descargan sus desechos en aguas residuales y no se les da el debido proceso de tratamiento, llevando consigo altas concentraciones de metales pesados y otros sólidos en suspensión muy dañinos para los ecosistemas.

**TERCERA:** Se recomienda tener en cuenta los niveles obtenidos en el presente trabajo de investigación, para tener una referencia enfocada en el consumo saludable y en la extracción de las diferentes especies vivientes que encontramos en los ríos.

## BIBLIOGRAFIA

1. Alejo. M.L., director de Tesis, Dr. Gómez Reyna José Antonio. Tesis para obtener el grado de Doctor en Ingeniería y Tecnología. “Estudio de la presencia de metales pesados en peces en el Lago de Chapala”, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco, pp 105-113. (2004).
2. Bocardo E. Morales A. Yipita R. Densidades muestrales en diferentes horas del día de *Cryphiops caementarius* en la desembocadura del río tambo. Arequipa Perú; BIOS, Revista Científica del Departamento Académico de Biología de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa Perú. (2007).
3. Castro, C. El camarón de río del norte *Cryphiops caementarius* (Molina). Est. Oceanol. Chile. 2: 11-19. (1966).
4. Centro Interdisciplinario de Investigación e Innovación de la Universidad Católica de Santa María - CICA. Proyecto Camarones. Boletín 001 – 2006. Universidad Católica de Santa María. Arequipa. 2 -3 pp. (2006).
5. Chavez, R. de Parodi, E. y Villegas, J. “Estudio de *Cryphiops caementarius* (MOLINA)” Revista de investigación de la Universidad Nacional de San Agustín Vol. No. 1 Arequipa. (1971)
6. Dickson, T.R. “Química con enfoque ecológico”, Editorial Limusa, México, Distrito Federal, México, pp 96-263. (1999).
7. Elias, J. Contribución al comportamiento del camarón de río *Cryphiops caementarius* (Molina) Decapoda: Palaemonidae. Pesca y Caza, Lima, Perú. 10: 84-106. (1960).
8. Elliott, J. Some methods for the statistical analysis of samples of benthic invertebrate. Scientific public(1971).
9. Ernawati, Y. The analysis of the concentration of heavy metals cadmium, mercury and lead in the flesh of suckermouth catfish (*Pterygoplichthys pardalis*) in Ciliwung River, Indonesia. AACL Bioflux, 7, 1, 33- (2014).
10. Espino, M. & Wosnitza-Mendo, C. Manuales de evaluación de Peces N° 1 Área Barrida. Informe del Instituto del Mar del Perú N° 86 Callao. (1984).
11. FAO. Compilation of legal limits for hazardous substances in fish and fishery products. FAO Fisheries Circular 464: 5-100. (1983)

12. Hartmann, G. Apuntes sobre la biología del camarón de río *Cryphiops caementarius* (Molina) Pesca y caza; N° 8: 15 – 21, Lima. (1959).
13. Huanay, F. Determinación de los requerimientos y límites de tolerancia del camarón de río (*Cryphiops caementarius* Molina) a algunos factores abióticos. (1978).
14. INHEM. “Agua y Salud”, Editorial Ciencias Medicas. Instituto Nacional de Higiene Epidemiología y microbiología. La Habana, Cuba, pp 20-59. (1992).
15. Maldonado, E. Lopez, U. Salinas, R, Gonzales, N. Cuenca, C. Jimenez, R. Hernandez J. Contenido de metales pesados en músculo de pez diablo *Pterygoplichthys pardalis*. Rev. Iberoamericana de ciencias ISSN 2334 2508 (2015).
16. Mendoza R. Toxicidad aguda del cobre (Cu<sup>2+</sup>) en postlarvas de camarón de río. Rev Per Biol 14 (1) 54-55(2007).
17. Meruane, J., Rivera, M., Morales, C., Galleguillos, C., Hosokawa, H. Juvenile production of the freshwater prawn *Cryphiops caementarius* (Decapoda: Palaemonidae) under laboratory conditions in Coquimbo, Chile. Gayana, 70 (2): 56-64. (2006).
18. Morón, O., Vásquez, L., Sánchez, S., Girón, M. Estimación poblacional del camarón *Cryphiops caementarius* Molina 1782 (Natantia, Palaemonidae) en los ríos Ocoña, Majes-Camaná y Tambo. Junio 1996. Instituto del Mar del Perú IMARPE, Monitoreo oceanográfico pesquero en áreas seleccionadas (MOPAS) Chimbote – Pisco – Ilo. Informe progresivo N° 43. Octubre, Callao – Perú. (1996).
19. Munaylla, U. “Desarrollo larval del camarón de río *Cryphiops caementarius* (Molina,1832) determinación y descripción de sus estadios larvarios” MIPE Documenta No.62 Noviembre - Diciembre Lima, Perú. (1977).
20. Portugal S., Vargas J., Vega E. Utilización del rotífero *Brachionus plicatilis* en los primeros estadios del cultivo larval del Camarón de Río *Cryphiops caementarius* Facultad de Pesquería, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima (Perú) (2003).
21. Reyes W. , Bacilio S. , Villavivencio M. , Mendoza R. Efecto de la salinidad en el crecimiento y supervivencia de postlarvas del Camarón de Río *Cryphiops caementarius* Molina, 1872 (Crustacea, Palaemonidae), en laboratorio; Departamento de Biología, Microbiología y Biotecnología. Universidad Nacional del Santa, Perú (2006).

22. Reyes W. y Lujan H. Estados y subestados del ciclo de muda del Camarón de Río (*Cryphiops caementarius* Molina, 1872) (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae) Laboratorio de Acuicultura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional del Santa, Perú (2003).
23. Robertson, W.O. , Dreisbach, R.H. “Toxicología clínica”, Editorial el Manual Moderno, México, Distrito Federal, México, pp 205-231. (1988).
24. Vargas, M. Densidad y distribución espacial de juveniles de Camarón *Cryphiops caementarius* (Molina, 1782) en la desembocadura del Río Tambo. Tesis para obtener el grado académico de Bachiller en Ciencias Biológicas. UNSA, Arequipa – Perú. (1990).
25. Viacava, M. Aitken, R. Llanos, J. “Estudio del camarón en el Perú” Boletín del Instituto del Mar del Perú - IMARPE Vol.3 No. 5 Callao, Perú. (1978).
26. Yávar C. y Dupré E. Desarrollo embrionario del camarón de río *Cryphiops caementarius* (Decapoda: Palaemonidae) en condiciones de laboratorio Departamento De Biología Marina, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Católica del Norte, Chile. ( 2007).
27. Zacarías, S., Yépez, V. Monitoreo poblacional de camarón de río, estimación de abundancia de adultos en ríos de la costa centro sur. Informe anual 2007. Instituto del Mar del Perú IMARPE, Unidad de investigaciones en recursos de aguas continentales, .Disponible en la World Wide Web: [http://www.imarpe.gob.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe\\_26%29\\_informe\\_2007\\_camaron\\_de\\_rio\\_web.pdf](http://www.imarpe.gob.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe_26%29_informe_2007_camaron_de_rio_web.pdf) (2008).



**ANEXO 1: CAMARÓN CRUDO QUE SE COLOCA POSTERIORMENTE EN  
PLACA PETRI PARA DESECADO**



Figura 27: Camarón crudo para desecado



## ANEXO 2: MUESTRAS EN DISGESTION TOTAL



Figura 28: Muestra de camarón en tubo de digestión



### ANEXO 3: MUESTRAS EN PRIMERA FASE DE DIGESTIÓN

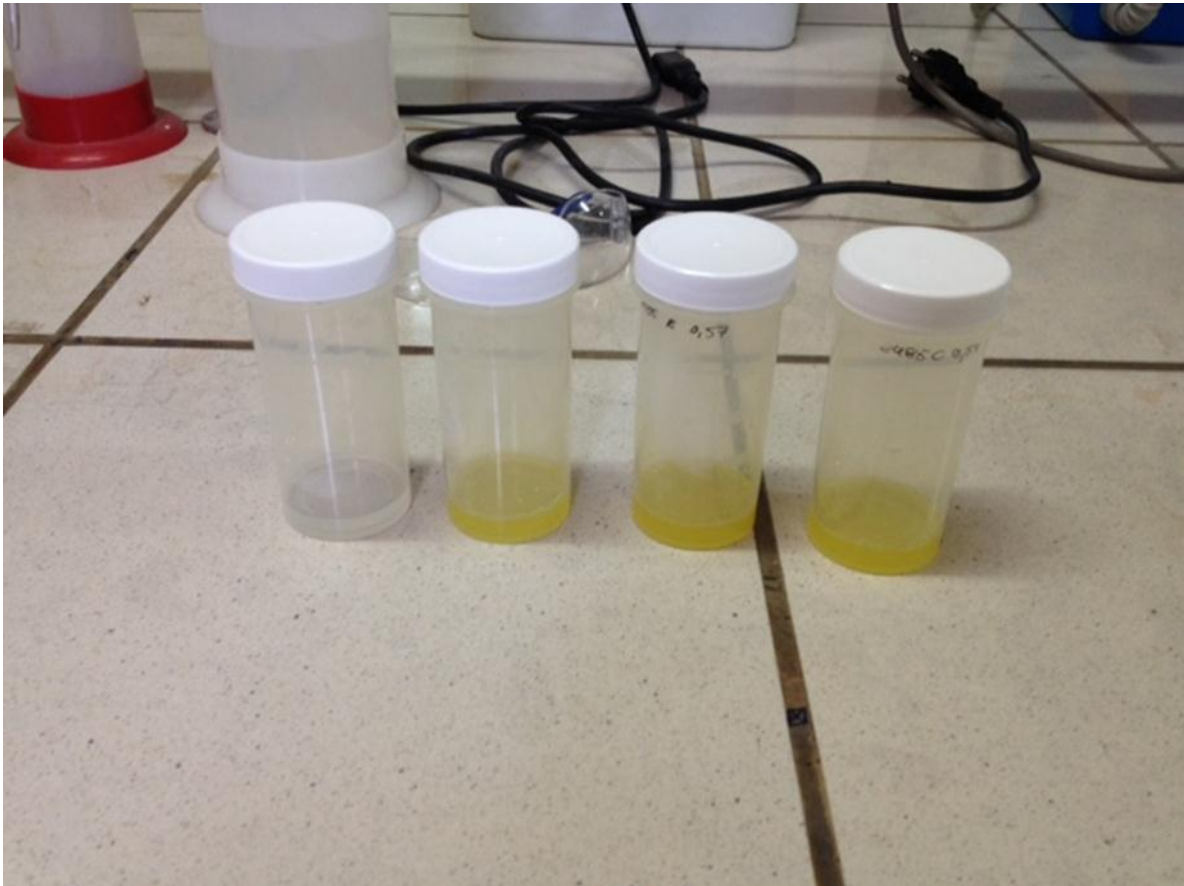


Figura 29: Primera fase de digestión



#### ANEXO 4: MUESTRAS EN ANÁLISIS ICP OES



Figura 30: Equipo ICP



## ANEXO 5: TRABAJO REALIZADO EN EL LABORATORIO



Figura 31: Trabajo en laboratorio



Figura 32: Trabajo en laboratorio



Figura 33: Trabajo en laboratorio



Figura 34: Trabajo en laboratorio



Figura 35: Trabajo en laboratorio en Equipo ICP



Figura 36: Trabajo en laboratorio en Equipo ICP

### ANEXO 6: DATA 1

Sequence No.: 1  
Sample ID: Calib Blank 1  
Analyst:  
Initial Sample Wt:  
Dilution:  
Wash Time:  
Autosampler Location: 1  
Date Collected: 31/03/2017 10:38:07 a.m.  
Data Type: Original  
Initial Sample Vol:  
Sample Prep Vol:

Repl#	Analyte	Net Intensity	Corrected Intensity	Conc.	Calib. Un	Analysis Time
1	As 193.696	-16.6	-16.6	[0.00]	mg/L	10:40:04 a.m.
1	Hg 194.168	-14.5	-14.5	[0.00]	mg/L	10:41:22 a.m.
1	Pb 220.353		9.5	[0.00]	mg/L	10:40:29 a.m.
1	Cr 205.56	-22.8	-22.8	[0.00]	mg/L	10:40:53 a.m.
2	As 193.696	-13.7	-13.7	[0.00]	mg/L	10:40:16 a.m.
2	Hg 194.168	-37	-37	[0.00]	mg/L	10:41:33 a.m.
2	Pb 220.353	18.8	18.8	[0.00]	mg/L	10:40:41 a.m.
2	Cr 205.56	-7.5	-7.5	[0.00]	mg/L	10:41:03 a.m.
As 193.696		-15.1	2.04	13.49%	[0.00]	mg/L
Hg 194.168		-25.8	15.94	61.87%	[0.00]	mg/L
Pb 220.353		14.1	6.57	46.60%	[0.00]	mg/L
Cr 205.56		-15.1	10.85	71.68%	[0.00]	mg/L

Repl#	Analyte	Net Intensity	Corrected Intensity	Conc.	Calib. Un	Analysis Time
1	As 193.696	494.7	509.8	[0.400]	mg/L	10:44:29 a.m.
1	Hg 194.168	157.1	182.9	[0.008]	mg/L	10:45:39 a.m.
1	Pb 220.353	2299.1	2284.9	[0.400]	mg/L	10:44:54 a.m.
1	Cr 205.56	37211.4	37226.5	[0.400]	mg/L	10:45:16 a.m.
2	As 193.696	490	505.2	[0.400]	mg/L	10:44:41 a.m.
2	Hg 194.168	142.2	168	[0.008]	mg/L	10:45:49 a.m.
2	Pb 220.353	2316.6	2302.5	[0.400]	mg/L	10:45:05 a.m.
2	Cr 205.56	36429.8	36444.9	[0.400]	mg/L	10:45:24 a.m.
As 193.696		507.5	3.3	0.65%	[0.400]	mg/L
Hg 194.168		175.4	10.55	6.01%	[0.008]	mg/L
Pb 220.353		2293.7	12.43	0.54%	[0.400]	mg/L
Cr 205.56		36835.7	552.65	1.50%	[0.400]	mg/L

Repl#	Analyte	Net Intensity	Corrected Intensity	Conc.	Calib. Un	Analysis Time
1	As 193.696	1108.1	1123.3	[1.000]	mg/L	10:48:44 a.m.
1	Hg 194.168	412.7	438.5	[0.020]	mg/L	10:49:49 a.m.
1	Pb 220.353	5144.8	5130.7	[1.000]	mg/L	10:49:09 a.m.
1	Cr 205.56	84434	84449.1	[1.000]	mg/L	10:49:28 a.m.
2	As 193.696	1103.3	1118.5	[1.000]	mg/L	10:48:56 a.m.
2	Hg 194.168	403.4	429.2	[0.020]	mg/L	10:49:59 a.m.
2	Pb 220.353	5147.3	5133.2	[1.000]	mg/L	10:49:18 a.m.
2	Cr 205.56	82594.9	82610	[1.000]	mg/L	10:49:35 a.m.
As 193.696		1120.9	3.4	0.30%	[1.000]	mg/L
Hg 194.168		433.8	6.6	1.52%	[0.020]	mg/L
Pb 220.353		5131.9	1.82	0.04%	[1.000]	mg/L
Cr 205.56		83529.5	1300.45	1.56%	[1.000]	mg/L

Repl#	Analyte	Net Intensity	Corrected Intensity	Conc.	Calib. Un	Analysis Time
1	As 193.696	2187	2202.1	[2.000]	mg/L	10:52:55 a.m.
1	Hg 194.168	878.6	904.4	[0.040]	mg/L	10:53:57 a.m.
1	Pb 220.353	10286	10271.9	[2.000]	mg/L	10:53:17 a.m.
1	Cr 205.56	166207.6	166222.7	[2.000]	mg/L	10:53:38 a.m.
2	As 193.696	2222	2237.2	[2.000]	mg/L	10:53:06 a.m.
2	Hg 194.168	891.8	917.6	[0.040]	mg/L	10:54:08 a.m.
2	Pb 220.353	10300.4	10286.3	[2.000]	mg/L	10:53:27 a.m.
2	Cr 205.56	167245	167260.1	[2.000]	mg/L	10:53:44 a.m.
As 193.696		2219.7	24.79	1.12%	[2.000]	mg/L
Hg 194.168		911	9.35	1.03%	[0.040]	mg/L
Pb 220.353		10279.1	10.23	0.10%	[2.000]	mg/L
Cr 205.56		166741.4	733.57	0.44%	[2.000]	mg/L

Repl#	Analyte	Net Intensity	Corrected Intensity	Conc.	Calib. Un	Analysis Time
1	As 193.696	3362.4	3377.6	[3.000]	mg/L	10:57:05 a.m.
1	Hg 194.168	1377.5	1403.3	[0.060]	mg/L	10:57:57 a.m.
1	Pb 220.353	15658.7	15644.6	[3.000]	mg/L	10:57:24 a.m.
1	Cr 205.56	250287.8	250302.9	[3.000]	mg/L	10:57:41 a.m.
2	As 193.696	3389	3404.1	[3.000]	mg/L	10:57:14 a.m.
2	Hg 194.168	1370.1	1395.8	[0.060]	mg/L	10:58:07 a.m.
2	Pb 220.353	15482.3	15468.2	[3.000]	mg/L	10:57:33 a.m.

ANEXO 7: DATA 2

2	Cr 205.56	255157	255172.2	[3.000]	mg/L	10:57:45	a.m.
As 193.696	3390.8	18.79	0.55%	[3.000]	mg/L		
Hg 194.168	1399.6	5.29	0.38%	[0.060]	mg/L		
Pb 220.353	15556.4	124.78	0.80%	[3.000]	mg/L		
Cr 205.56	252737.5	3443.1	1.36%	[3.000]	mg/L		
<b>Repl#</b>	<b>Analyte</b>	<b>Net Intensity</b>	<b>Corrected Intensity</b>	<b>Conc.</b>	<b>Calib. Un</b>	<b>Analysis Time</b>	
1	As 193.696	4456.5	4471.7	[4.00]	mg/L	11:01:01	a.m.
1	Hg 194.168	1762	1787.8	[0.08]	mg/L	11:01:58	a.m.
1	Pb 220.353	20692.9	20678.8	[4.00]	mg/L	11:01:25	a.m.
1	Cr 205.56	347277.1	347292.2	[4.00]	mg/L	11:01:44	a.m.
2	As 193.696	4508.6	4523.8	[4.00]	mg/L	11:01:13	a.m.
2	Hg 194.168	1762.5	1788.3	[0.08]	mg/L	11:02:10	a.m.
2	Pb 220.353	20907.3	20893.2	[4.00]	mg/L	11:01:34	a.m.
2	Cr 205.56	341973.9	341989	[4.00]	mg/L	11:01:47	a.m.
As 193.696	4497.7	36.83	0.82%	[4.00]	mg/L		
Hg 194.168	1788	0.33	0.02%	[0.08]	mg/L		
Pb 220.353	20786	151.56	0.73%	[4.00]	mg/L		
Cr 205.56	344640.6	3749.93	1.09%	[4.00]	mg/L		
<b>Repl#</b>	<b>Analyte</b>	<b>Net Intensity</b>	<b>Corrected Intensity</b>	<b>Conc.</b>	<b>Calib. Un</b>	<b>Analysis Time</b>	
1	As 193.696	6793.4	6808.5	[6.00]	mg/L	11:05:07	a.m.
1	Hg 194.168	2801.2	2827	[0.12]	mg/L	11:06:01	a.m.
1	Pb 220.353	31559.9	31545.8	[6.00]	mg/L	11:05:29	a.m.
1	Cr 205.56	512080.4	512095.5	[6.00]	mg/L	11:05:48	a.m.
2	As 193.696	6820.5	6835.7	[6.00]	mg/L	11:05:17	a.m.
2	Pb 220.353	31495.4	31481.3	[6.00]	mg/L	11:05:38	a.m.
2	Cr 205.56	508397.4	508412.5	[6.00]	mg/L	11:05:51	a.m.
As 193.696	6822.1	19.19	0.28%	[6.00]	mg/L		
Hg 194.168	2827.4	0.61	0.02%	[0.12]	mg/L		
Pb 220.353	31513.5	45.61	0.14%	[6.00]	mg/L		
Cr 205.56	510254	2604.28	0.51%	[6.00]	mg/L		



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA  
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS  
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166  
✉ laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Apto. 1350  
AREQUIPA - PERU



INFORME DE ENSAYO  
N° DE INFORME: ANA01L16.002485 A

<b>Nombre del Cliente</b>	: CARMEN ROSSANA MONROY PIEROLA
<b>Dirección del Cliente</b>	: JR LAS GARDENIAS 308 SAMUEL PASTOR CAMANA
<b>RUC</b>	: NO CORRESPONDE
<b>Condición del Muestreado</b>	: POR EL CLIENTE
<b>Descripción</b>	: CEFALOTORAX DE CAMARON RIO OCOÑA
<b>Tamaño de muestra</b>	: 250g
<b>Fecha de Recepción</b>	: 01/12/2016
<b>Fecha de Inicio del Ensayo</b>	: 06/12/2016
<b>Fecha de Emisión de Informe</b>	: 06/12/2016
<b>Página</b>	: 1 de 1

I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:

DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES (mg/kg) Adaptado de Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	
ANALISIS	RESULTADO
Arsenico(As)	0,900
Cromo (Cr)	0,900
Plomo (Pb)	1,100
Mercurio (Hg)	0,500

OBSERVACIONES:

- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL –DA.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

Q.F. Ricardo A. Abril Ramirez  
CQF04000524  
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC





UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA  
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS  
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1156  
✉ laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Apto. 1350  
AREQUIPA - PERU



INFORME DE ENSAYO  
Nº DE INFORME: ANA01L16.002485 C

Nombre del Cliente	: CARMEN ROSSANA MONROY PIEROLA
Dirección del Cliente	: JR LAS GARDENIAS 308 SAMUEL PASTOR CAMANA
RUC	: NO CORRESPONDE
Condición del Muestreado	: POR EL CLIENTE
Descripción	: CEFALOTORAX DE CAMARON RIO TAMBO
Tamaño de muestra	: 250g
Fecha de Recepción	: 01/12/2016
Fecha de Inicio del Ensayo	: 06/12/2016
Fecha de Emisión de Informe	: 06/12/2016
Página	: 1 de 1

I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:

DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES (mg/kg) Adaptado de Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	
ANALISIS	RESULTADO
Arsenico(As)	1,300
Cromo (Cr)	0,700
Plomo (Pb)	0,800
Mercurio (Hg)	0,900

OBSERVACIONES:

- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL –DA.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

Q.F. Ricardo A. Abriil Ramírez  
CQFDA 00624  
ESPECIALISTA EN CONTROL DE  
CALIDAD LECC





UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA  
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS  
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166  
✉ laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Aptdo. 1350  
AREQUIPA - PERU



INFORME DE ENSAYO  
Nº DE INFORME: ANA01L16.002485 B

Nombre del Cliente : CARMEN ROSSANA MONROY PIEROLA  
Dirección del Cliente : JR LAS GARDENIAS 308 SAMUEL PASTOR CAMANA  
RUC : NO CORRESPONDE  
Condición del Muestreado : POR EL CLIENTE  
Descripción : CEFALOTORAX DE CAMARON RIO MAJES CAMANA  
Tamaño de muestra : 250g  
Fecha de Recepción : 01/12/2016  
Fecha de Inicio del Ensayo : 06/12/2016  
Fecha de Emisión de Informe : 06/12/2016  
Página : 1 de 1

I. ANALISIS FISICO - QUIMICO:

DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES (mg/kg) Adaptado de Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	
ANALISIS	RESULTADO
Arsenico(As)	1,700
Cromo (Cr)	0,900
Plomo (Pb)	0,900
Mercurio (Hg)	1,000

OBSERVACIONES:

- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL -DA.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

Q.F. Ricardo A. Abril Ramirez  
COFDA 00024  
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LEGC

