



**Universidad  
Norbert Wiener**

**FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA  
Escuela Académico Profesional de Farmacia y Bioquímica**

Tesis

**Determinación de arsénico, cromo, cadmio y plomo en camarones (*cryphiops  
caementarius*) de Calango y Santa Cruz de Flores - abril a octubre del 2020**

Para optar el Título Profesional de Químico Farmacéutico

Presentado por:

**Br. Roca Esquivel, Rosario**


**0009-0001-2561-0433**

**Br. Tello Rojas, Maribel**

**0009-0001-3515-4216**

Lima – Perú

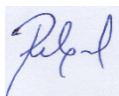
2023

|  |   |                                    |
|--|---|------------------------------------|
| <br>Universidad<br>Norbert Wiener | <b>DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA Y DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN</b> |                                    |
|  | <b>CÓDIGO: UPNW-GRA-FOR-033</b>   | <b>VERSION: 01</b><br>REVISIÓN: 01 |

Yo, Rosario Roca Esquivel egresada de la Facultad de Farmacia y Bioquímica y  Escuela Académica Profesional de Farmacia y Bioquímica /  Escuela de Posgrado de la Universidad privada Norbert Wiener declaro que el trabajo académico “DETERMINACIÓN DE ARSÉNICO, CROMO, CADMIO Y PLOMO EN CAMARONES (*Cryphiops caementarius*) DE CALANGO Y SANTA CRUZ DE FLORES. ABRIL A OCTUBRE DEL 2020.” Asesorado por el docente: Mg. Antonio Guillermo Ramos Jaco DNI 04085562 ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0491-8682> tiene un índice de similitud de 09 (nueve)% con código oid:14912:251351523 verificable en el reporte de originalidad del software Turnitin.

Así mismo:

1. Se ha mencionado todas las fuentes utilizadas, identificando correctamente las citas textuales o paráfrasis provenientes de otras fuentes.
2. No he utilizado ninguna otra fuente distinta de aquella señalada en el trabajo.
3. Se autoriza que el trabajo puede ser revisado en búsqueda de plagios.
4. El porcentaje señalado es el mismo que arrojó al momento de indexar, grabar o hacer el depósito en el turnitin de la universidad y,
5. Asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión en la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas del reglamento vigente de la universidad.




.....  
 Firma de autor 1  
 Rosario Roca Esquivel  
 DNI: 10683139



.....  
 Firma de autor 2  
 Maribel Tello Rojas  
 DNI: 10126273

.....  
 Firma del asesor:  
 Mg. Antonio Guillermo Ramos Jaco  
 DNI: 04085562

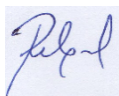
Lima, 17 de julio del 2023

|  |   |                                    |
|--|---|------------------------------------|
| <br>Universidad<br>Norbert Wiener | <b>DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA Y DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN</b> |                                    |
|  | <b>CÓDIGO: UPNW-GRA-FOR-033</b>   | <b>VERSION: 01</b><br>REVISIÓN: 01 |

Yo, Maribel Tello Rojas egresada de la Facultad de Farmacia y Bioquímica y  Escuela Académica Profesional de Farmacia y Bioquímica /  Escuela de Posgrado de la Universidad privada Norbert Wiener declaro que el trabajo académico “DETERMINACIÓN DE ARSÉNICO, CROMO, CADMIO Y PLOMO EN CAMARONES (*Cryphiops caementarius*) DE CALANGO Y SANTA CRUZ DE FLORES. ABRIL A OCTUBRE DEL 2020.” Asesorado por el docente: Mg. Antonio Guillermo Ramos Jaco DNI 04085562 ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0491-8682> tiene un índice de similitud de 09 (nueve)% con código oid:14912:251351523 verificable en el reporte de originalidad del software Turnitin.

Así mismo:

1. Se ha mencionado todas las fuentes utilizadas, identificando correctamente las citas textuales o paráfrasis provenientes de otras fuentes.
2. No he utilizado ninguna otra fuente distinta de aquella señalada en el trabajo.
3. Se autoriza que el trabajo puede ser revisado en búsqueda de plagios.
4. El porcentaje señalado es el mismo que arrojó al momento de indexar, grabar o hacer el depósito en el turnitin de la universidad y,
5. Asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión en la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas del reglamento vigente de la universidad.



.....  
 Firma de autor 1  
 Rosario Roca Esquivel  
 DNI: 10683139



.....  
 Firma de autor 2  
 Maribel Tello Rojas  
 DNI: 10126273

.....  
 Firma del asesor:  
 Mg. Antonio Guillermo Ramos Jaco  
 DNI: 04085562

Lima, 17 de julio del 2023

Tesis:

**“DETERMINACIÓN DE ARSÉNICO, CROMO, CADMIO Y PLOMO EN  
CAMARONES (*Cryphiops caementarius*) DE CALANGO Y SANTA CRUZ DE  
FLORES. ABRIL A OCTUBRE DEL 2020”**

**Línea de Investigación**

Salud y Bienestar

Asesor (a)

**Mg. Ramos Jaco Antonio Guillermo**

CODIGO ORCID: 0000-0002-0491-8682

## DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mi familia por su apoyo constante y a todos los que nos dejaron físicamente, pero cuyas enseñanzas de perseverancia, hoy nos motivan.

Br. Roca Esquivel, Rosario

Este trabajo está dedicado a Dios por su infinito amor y a mis padres por su comprensión y apoyo.

Br. Tello Rojas, Maribel

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Norbert Wiener, por habernos albergado hasta lograr nuestras metas en formación académica en sus aulas, en la que, con esfuerzo y dedicación, alcanzamos nuestros objetivos.

A nuestro asesor por su apoyo en la elaboración de esta tesis para la obtención del título profesional.

A mis docentes, por la dedicación demostrada a sus disciplinas en las cátedras dictadas, las que sembraron en nosotras aún más el respeto y amor a esta profesión de Químico Farmacéutico para ejercerlo con ética profesional y servicio a la comunidad. Un agradecimiento especial al Mg. Jesús Lizano, por su apoyo incondicional en el desarrollo de este trabajo de investigación.

A Dios, por su infinito amor y el habernos dado salud para poder culminar satisfactoriamente los estudios que tanto anhelamos y por las oportunidades que nos seguirá brindando.

**Br. Roca Esquivel, Rosario**

**Br. Tello Rojas, Maribel**

## ÍNDICE GENERAL

|                                       | Pág.                          |
|---------------------------------------|-------------------------------|
| TITULO                                | ¡Error! Marcador no definido. |
| DEDICATORIA                           | iii                           |
| AGRADECIMIENTO                        | iv                            |
| ÍNDICE GENERAL                        | v                             |
| ÍNDICE DE TABLAS                      | viii                          |
| ÍNDICE DE FIGURAS                     | ix                            |
| RESUMEN                               | x                             |
| ABSTRACT                              | xi                            |
| INTRODUCCIÓN                          | xii                           |
| CAPITULO I: EL PROBLEMA               | 1                             |
| 1.1. Planteamiento del problema       | 1                             |
| 1.2. Formulación del problema         | 4                             |
| 1.2.1 Problema general                | 4                             |
| 1.3 Objetivos de la investigación     | 4                             |
| 1.3.1 Objetivo general                | 4                             |
| 1.3.2 Objetivos específicos           | 4                             |
| 1.4 Justificación de la investigación | 5                             |
| 1.4.1 Teórica                         | 5                             |
| 1.4.2 Metodológica                    | 5                             |
| 1.4.3 Práctica                        | 5                             |
| 1.5 Limitaciones de la investigación  | 6                             |

|   |    |
|---|----|
| CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO  | 7  |
| 2.1 Antecedentes de la investigación                                      | 7  |
| 2.1.1. Antecedentes nacionales:   | 7  |
| 2.1.2 Antecedentes Internacionales  | 10 |
| 2.2 Bases teóricas  | 12 |
| 2.2.1. Ubicación geográfica del río Mala                                  | 12 |
| 2.2.2. Calango  | 13 |
| 2.2.3. Santa Cruz de Flores   | 13 |
| 2.2.4. Contaminación de las aguas de los ríos, mares, por metales pesados | 14 |
| 2.2.5. Toxicidad de los metales pesados en estudio                        | 16 |
| 2.2.5.1. Arsénico   | 16 |
| 2.2.5.2. Cromo  | 18 |
| 2.2.5.3. Cadmio   | 19 |
| 2.2.5.4. Plomo  | 21 |
| 2.2.6. Camarones de río ( <i>Cryphiops caementarius</i> )                 | 24 |
| 2.2.7. Normativa.   | 25 |
| 2.2.8. Definición de términos   | 27 |
| 2.3 Formulación de Hipótesis  | 28 |
| 2.3.1. Hipótesis general  | 28 |
| CAPÍTULO III: METODOLOGÍA   | 29 |
| 3.1. Método de investigación  | 29 |
| 3.2. Enfoque investigativo  | 29 |
| 3.3. Tipo de investigación  | 29 |
| 3.4. Diseño de la investigación   | 29 |
| 3.5. Población, muestra y muestreo  | 29 |
| 3.6. Variables y Operacionalización                                       | 30 |



|  |   |    |
|--|---|----|
| 3.7.   | Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 30 |
| 3.7.1.   | Técnica   | 30 |
| 3.7.2.   | Descripción                                     | 36 |
| 3.7.3.   | Validación                                      | 47 |
| 3.7.4.   | Confiabilidad                                   | 47 |
| 3.8.   | Procesamiento y análisis de datos               | 48 |
| 3.9.   | Aspectos éticos                                 | 61 |
| CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS          |   | 49 |
| 4.1  | Resultados                                      | 49 |
| 4.1.1.   | Análisis descriptivo de resultados              | 49 |
| 4.1.2.   | Prueba de hipótesis                             | 70 |
| 4.1.3.   | Discusión de resultados                         | 59 |
| CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES                       |   | 63 |
| 5.1.   | Conclusiones                                    | 77 |
| 5.2.   | Recomendaciones                                 | 64 |
| 5.3  | Referencias bibliográficas                      | 79 |
| ANEXOS   |   | 73 |
| Anexo 1: Matriz de consistencia                                  |   | 73 |
| Anexo 2: Fotos   |   | 74 |
| Anexo 3: Certificado de Verificación del espectrofotómetro usado |   | 83 |
| Anexo 4: Informe del certificado de análisis.                    |   | 84 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 1. Taxonomía del “camarón” de río, <i>Cryphiops caementarius</i> .   | 34  |
| Tabla 2. Los límites de metales pesados en el tejido muscular del “camarón”.   | 35  |
| Tabla 3. Categoría 4: Conservación del ambiente acuático   | 36  |
| Tabla 4. Concentración de arsénico en camarones de Calango y Santa Cruz de Flores ( <i>Cryphiops caementarius</i> ) - 2020.  | 49  |
| Tabla 5. Concentración de cromo en camarones de Calango y Santa Cruz de Flores ( <i>Cryphiops caementarius</i> ) - 2020.   | 641 |
| Tabla 6. Concentración de cadmio en camarones de Calango y Santa Cruz de Flores ( <i>Cryphiops caementarius</i> ) - 2020.  | 66  |
| Tabla 7. Concentración de plomo en camarones de Calango y Santa Cruz de Flores ( <i>Cryphiops caementarius</i> ) - 2020.   | 68  |
| Tabla 8. Estimación de la concentración promedio de metales pesados en camarones ( <i>Cryphiops caementarius</i> ) - 2020 mediante intervalos al 95% de confianza. | 69  |
| Tabla 9. Prueba T de Student para una media.   | 71  |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| Figura 1. Ubicación de la cuenca del río Mala.   | 16                                   |
| Figura 2. Ubicación de la provincia de Cañete.   | 17                                   |
| Figura 3. “Camarón”. <i>Cryphiops caementarius</i> .   | 34                                   |
| Figura 4. Espectrómetro de absorción atómica de llama.   | 42                                   |
| Figura 5. Procesos que ocurren durante la atomización.   | 44                                   |
| Figura 6. Generador de hidruro y sistema de atomización para espectrometría de adsorción atómica.  | 46                                   |
| Figura 7. Condiciones espectrofotométrica de cromo.  | 41                                   |
| Figura 8. Curva de Calibración: relación absorbancia versus concentración de cromo.  | 42                                   |
| Figura 9. Condiciones espectrofotométrica de plomo.  | 54                                   |
| Figura 10. Curva de Calibración: relación absorbancia versus concentración de plomo.   | 55                                   |
| Figura 11. Condiciones espectrofotométrica de cadmio.  | 56                                   |
| Figura 12. Curva de Calibración: relación absorbancia versus concentración de cadmio.  | 57                                   |
| Figura 13. Condiciones espectrofotométrica de arsénico.  | 59                                   |
| Figura 14. Curva de calibración: relación absorbancia versus concentración de arsénico.  | 60                                   |
| Figura 15. Distribución de la concentración de arsénico en camarones del río Mala ( <i>Cryphiops caementarius</i> ) 2020 según estación. | 50                                   |
| Figura 16. Distribución de la concentración de cromo en camarones ( <i>Cryphiops caementarius</i> ) 2020 según estación.                 | 52                                   |
| Figura 17. Distribución de la concentración de cadmio en camarones ( <i>Cryphiops caementarius</i> ) 2020 según estación.                | 67                                   |
| Figura 18. Distribución de la concentración de plomo en camarones ( <i>Cryphiops caementarius</i> ) 2020 según estación.                 | 69                                   |
| Figura 19. Concentración promedio de metales pesados en camarones ( <i>Cryphiops caementarius</i> ) 2020.                                | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |

## RESUMEN

La contaminación de especies hidrobiológicas en nuestros ríos por metales pesados es una problemática que importa y preocupa seriamente, debido a que pone en riesgo la vida de estas especies y la de los pobladores que la consumen. **Objetivo:** El presente trabajo de investigación, tiene por finalidad determinar la concentración de arsénico, cromo, cadmio y plomo en camarones (*Cryphiops caementarius*) y el posible daño a la salud de la población de Calango y Santa Cruz de Flores, en el período comprendido de abril a octubre del 2020, por sobrepasar los límites máximos permisibles según las normas de la Legislación Brasileña y el *Codex Alimentarius*. **Metodología:** Fue de estudio cuantitativo, descriptivo, de nivel básico, con diseño de investigación no experimental – transversal. Utilizando el equipo de espectrofotometría por absorción atómica de llama y generador de hidruros. **Resultados:** Se recolectó los camarones en el trayecto objetivo del río Mala, 3 puntos en la zona de Santa Cruz de Flores, y 7 puntos en la zona de Calango, en total 10 puntos. El valor promedio obtenido de arsénico fue de 0,89 mg/Kg, el de cromo 0,040 mg/Kg; el de cadmio 0,24 mg/Kg y el de plomo 0,44 mg/Kg para las muestras de “camarón” en los puntos determinados. Los valores obtenidos no sobrepasan los límites máximos permisibles dados por las normativas internacionales de la Legislación Brasileña y el *Codex Alimentarius* durante el año 2020. **Conclusión:** No se consideró un riesgo para la salud pública el consumo de “camarón” para ninguno de estos metales pesados cadmio, cromo, plomo y arsénico. Pero debido a los valores encontrados en el rango superior, se debe hacer el seguimiento de la concentración de estos metales en estas zonas.

**Palabras clave:** Espectrofotometría de absorción atómica, metales pesados, límites máximos permisibles, camarones de río.

## ABSTRACT

The contamination of hydrobiological species of our rivers by heavy metals is a problem that matters and greatly worries Peru, because it puts the lives of these species and the people who consume them at risk. **Objective:** The purpose of this research work is to determine the concentration of arsenic, chromium, cadmium and lead in shrimp (*Cryphiops caementarius*) and the possible damage to the health of the population of Calango and Santa Cruz de Flores, during April to October 2020, for exceeding the maximum permissible concentrations limits given by the standards of Brazilian Legislation and the *Codex Alimentarius*. **Methodology:** It was a quantitative, descriptive, basic level study, with a non-experimental - cross-sectional research design. Using flame atomic adsorption spectrophotometry and hydride generator. **Results:** Shrimp were collected in the objective path of the Mala river, 3 points in the Santa Cruz de Flores area and 7 points in the Calango area, a total of 10 points. The average value of arsenic was 0,89 mg/Kg, that of chromium 0,040 mg/Kg; cadmium 0,24 mg/Kg and lead 0,44 mg/Kg; for the shrimp samples at the determined points. The values obtained do not exceed the maximum permissible limits given by the international regulations of the Brazilian Legislation and the *Codex Alimentarius* during 2020. **Conclusion:** The consumption of “shrimp” was not considered a risk to public health for any of these heavy metals cadmium, chromium, lead and arsenic. But due to the values found in the upper range, it is necessary to monitor the concentration of these metals in these areas over time.

**Keywords:** Atomic absorption spectrophotometry, heavy metals, maximum permissible limits, river shrimp.

## INTRODUCCIÓN

Hay sustancias químicas, que constituyen un riesgo a la salud de la población, entre otros se encuentran los metales pesados, que son contaminantes que pueden estar presentes en los ríos. Los agentes que contaminan los ríos y lagos pueden ser de origen natural y las actividades realizadas por el hombre.

Las aguas servidas están compuestas por residuos químicos e industriales de las empresas estatales y privadas, heces humanas y animales. También hay contaminantes de la explotación del petróleo, de la minería, y residuos químicos agrícolas que utilizan insecticidas, fertilizantes entre otros. La contaminación del agua y del ambiente es problemática y crítica, sobre todo en los países de escasos recursos, donde no hay plantas de tratamiento del agua y donde las poblaciones se ubican cerca de ríos contaminados (1).

Nuestra investigación es de interés para el sector salud, porque la determinación de la concentración de arsénico, cadmio, cromo y plomo, en camarones del río Mala, en las zonas de Calango y Santa Cruz de Flores en Cañete, Lima, proveerá información valedera y actualizada de las concentraciones de dichos metales en el agua, la misma que servirá a las autoridades de salud y ambiente para que tomen las medidas apropiadas, si los valores de metales pesados en los camarones en estas zonas, sobrepasan los límites máximos permisibles, según las normativas internacionales de la Legislación Brasileña y el *Codex Alimentarius* durante el año 2020 y analizará el riesgo a que se exponen los pobladores que consumen los camarones.

De manera que, en el desarrollo de esta investigación se planteó como objetivo general:

Determinar la concentración de arsénico, cromo, cadmio y plomo en camarones (*Cryphiops caementarius*) de Calango y Santa Cruz de Flores, durante los meses de abril a octubre del

2020. Para ello se ha dispuesto una serie de 5 capítulos: en el primer capítulo el planteamiento del problema, en el segundo capítulo se aborda el marco teórico, en el tercer capítulo se detalla la metodología, en el cuarto capítulo, se muestra los resultados y la discusión; y, por último, en el quinto capítulo están las conclusiones y recomendaciones.

## CAPITULO I: EL PROBLEMA

### 1.1. Planteamiento del problema

El ser humano, al exponerse a metales pesados puede ocurrir de manera natural, debido al desgaste de suelos ricos en estos metales, contaminación de los cuerpos de agua, también por las diversas actividades del hombre, por ejemplo los remanentes de procesos industriales como residuos sólidos, empleo de fertilizantes y plaguicidas en la agricultura (2). Debido a la contaminación del agua por metales pesados, éstos se acumulan en los animales que lo consumen, los cuales, a su vez, son consumidos por los pobladores, siendo de particular preocupación su alta persistencia y capacidad de bioacumulación y biomagnificación (3). Los metales pesados, pueden actuar como potentes tóxicos y algunos incluso llegan a ser muy peligrosos por causar daños en los sistemas gastro intestinal, renal y nervioso central de los seres humanos (4).

Dentro de los estudios que se mencionarán más adelante y, en particular, de las especies acuáticas de consumo humano que pudieran estar contaminadas por metales pesados se tiene: Llerena T. y Mendiola S., cuya investigación, determinó la concentración de mercurio en tres de las especies de pescado más consumidas por la población escolar de nivel primario del distrito de Mollendo, Arequipa, siendo el “bonito” (*Sarda chiliensis*), “jurel” (*Trachurus murphyi*) y “pejerrey”



(*Odontesthes regia regia*), cuyos resultados no sobrepasaron los límites máximos permisibles de 0,5 mg/Kg, pero es un factor de riesgo a largo plazo consumir pescado contaminado con este metal, ya que en mínimas concentraciones se produce bioacumulación de mercurio en el cuerpo del ser humano (5). De igual manera, Monroy C., en su estudio de investigación, determinó la presencia de cromo, arsénico, plomo y mercurio en el cefalotórax del *Cryphiops caementarius* “camarón” en los ríos, Ocoña, Majes y Tambo en Arequipa, encontrándose como resultado valores que sobrepasan los límites máximos permisibles para consumo, establecidos por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura /Organización Mundial de la Salud (FAO/OMS) (6).

La seguridad alimentaria es tan importante mantenerla, pues es necesaria para la supervivencia de todos los seres vivos. El “camarón” (*Cryphiops caementarius*), por ejemplo, provee una riqueza nutricional consistente en una cantidad de proteínas, aminoácido triptófano, ácido graso omega-3, un alto contenido de complejo B (niacina), etc. Para los pobladores que viven cerca de los ríos, donde habitan los camarones de río, es de suma importancia, extraerlos, no solo para consumirlos sino para obtener ingresos económicos, ya que han hecho de la extracción de camarones una actividad económica (7). Entre los principales contaminantes del agua y las especies acuáticas están las aguas residuales y otros residuos que demandan oxígeno, nutrientes vegetales, que al descomponerse agotan el oxígeno disuelto y producen olores desagradables y compuestos químicos, sedimentos formados por partículas del suelo y minerales arrastrados por las tormentas a las tierras de cultivos y sustancias procedentes de los residuos producidos por la minería, el uso industrial, médico y científico de materiales radiactivos (8).

La contaminación del ambiente por metales pesados ha afectado seriamente los ríos, ya que reciben gran cantidad de aguas servidas industriales y domésticas. Este es un grave problema que nos afecta a todos los organismos vivos; por ejemplo, el cadmio en los ríos se deposita en los sedimentos y es absorbido por los vegetales y los animales (9). Hay metales que son muy tóxicos y que no son creados ni destruidos por el hombre; este hecho de no poderse eliminar y bioacumularse en los ecosistemas, es un problema importante, pues los ríos han sido los más afectados, ya que reciben una gran cantidad de aguas servidas domésticas e industriales (10).

El ecosistema de nuestro planeta, está muy alterado por la forma como los industriales en su afán de ganar dinero, contribuyen con la destrucción la vida de los seres hidrobiológicos. Si hablamos de nuestro país, vamos a encontrar que nuestro mar, está saturado de basura debido a la incuria de los habitantes del litoral; en la sierra, se han ubicado en las cabeceras de cuenca, las empresas mineras que no solo depredan lagunas, sino que utilizan productos químicos mortales para lixiviar sus minerales, cuyos relaves junto con los que utilizan los agricultores, abonos, fertilizantes importados llamados de la “muerte” bajan hacia la costa dejando huellas mortales en la flora y fauna (11). Los aspectos ambientales que afectan a la población del “camarón” son las formas de captura ilegales; vertimientos de la actividad de la minería informal y los vertimientos de aguas servidas al río (8).

La población de Calango y Santa Cruz de Flores en Cañete, Lima-Perú, pueden estar expuestas a contaminantes de metales pesados, como consecuencia de su extenso uso y difusión en el medio ambiente. Una de estas vías es el agua del río Mala de las zonas de estudio, porque está contaminada por la actividad del hombre, lo que hace que las aguas de regadío estén contaminadas con estos metales y esto

hace que los productos agrícolas, los animales y los camarones de la zona también estén contaminados con estos metales.

Para la captura de los camarones algunos pescadores ilegales utilizan compuestos químicos, los cuales contribuyen a contaminar aún más el agua y, por lo tanto, los organismos acuáticos como el “camarón” del río Mala de la zona de Calango y Santa Cruz de Flores.

Las fuentes contaminantes de la cuenca del río Mala están asociadas principalmente a las aguas residuales sin tratamiento, entre los cuales están los vertimientos de aguas residuales domésticas de la población de Mala, San Antonio, Calango, Santa Cruz de Flores, Joaquín, Ornas, Quinches, Huampará, Cochas, Ayavirí, Tanta y Quinti. También, hay que indicar que en el sector bajo están los yacimientos el Condestable y Raúl, y en la parte alta hay más o menos 6 minas pequeñas. Esto hace que se contamine el río y el uso de estas aguas contaminen los productos agrícolas y a los seres vivientes de este río y, por lo tanto, al hombre que los consume.

Existe la posibilidad de contaminación de los camarones que habitan en esta parte del río de la zona de Calango y Santa Cruz de Flores, por tanto, a que exista un impacto negativo sobre los seres humanos que lo consumen, ya que son zonas de gran consumo de “camarón”.

## **1.2 Formulación del problema**

### 1.2.1 Problema general

¿Cómo determinar la concentración de arsénico, cromo, cadmio y plomo en camarones (*Cryphiops caementarius*) de Calango y Santa Cruz de Flores, durante los meses de abril a octubre del 2020?

### **1.3 Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Determinar la concentración de arsénico, cromo, cadmio y plomo en camarones (*Cryphiops caementarius*) de Calango y Santa Cruz de Flores, durante los meses de abril a octubre del 2020.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Determinar si las concentraciones de arsénico no superan los límites máximos permisibles establecidos por la Legislación Brasileña.
- Determinar si las concentraciones de cromo no superan los límites máximos permisibles establecidos por la Legislación Brasileña.
- Determinar si las concentraciones de cadmio no superan los límites máximos permisibles establecidos por el *Codex Alimentarius*.
- Determinar si las concentraciones de plomo no superan los límites máximos permisibles establecidos por el *Codex Alimentarius*.

### **1.4 Justificación de la investigación**

#### **1.4.1 Teórica:**

Considerando el gran consumo del recurso de “camarón”, en la zona de Calango y Santa Cruz de Flores en Cañete, como se indica en el estudio de la presente tesis y, en base a la información teórica de industrias y comercio aledaños, es necesario determinar la concentración de arsénico, cromo, cadmio y plomo que puedan estar presentes en el “camarón” del río Mala de las zonas de Calango y Santa Cruz de Flores y conocer si los valores de los resultados del análisis, sobrepasan los límites máximos permisibles dadas por la Legislación Brasileña y el *Codex Alimentarius*. los cuales pueden incidir en la salud de la población que lo consume.

#### **1.4.2 Metodológica:**

Para poder cumplir el objetivo del presente estudio, de determinar la concentración de arsénico, cromo, cadmio y plomo en el “camarón” de Calango y Santa Cruz de Flores, se realizó mediante el uso de equipos como el espectrofotómetro de absorción atómica y de generador de hidruros.

#### **1.4.3 Práctica:**

Para nuestra investigación, se ha tomado en cuenta un tramo del río Mala, donde hay un gran consumo y caza de “camarón”, en las zonas de estudio de Calango y Santa Cruz de Flores en Cañete. Por tal motivo, al existir captura y consumo de “camarón” (*Cryphiops caementarius*) durante casi todo el año, es importante evaluar si la presencia de metales pesados que son tóxicos, como el arsénico, cadmio, cromo y plomo son elevados y comparar los resultados con los que indican los límites máximos permisibles establecidos por la Legislación Brasileña y el *Codex Alimentarius* para el recurso hidrobiológico, y pueden estar afectando o afectarán a los camarones y a las personas que lo consumen en la zona de estudio mencionada, para ello se ha realizado un plan de muestreo y posteriormente la determinación de estos metales, a través del equipo espectrofotómetro de absorción atómica y de generador de hidruros.

#### **1.5. Limitaciones de la investigación**

- **Limitaciones en el tiempo:** La determinación de la concentración de arsénico, cromo, cadmio y plomo en camarones (*Cryphiops caementarius*) del río Mala, se realizará en un mes determinado entre los meses de abril a octubre del 2020, en plena pandemia de Covid 19 y con las restricciones del tiempo en las zonas de

estudio, debido al toque de queda que estableció el gobierno como medidas de protección.

- **Limitaciones en el espacio o territorio:** Son las demarcaciones referentes al espacio geográfico en el trayecto de las zonas de Calango y Santa Cruz de Flores dentro del cual se desarrollará el muestreo de camarones del río Mala, para determinar la concentración de arsénico, cromo, cadmio y plomo.

- **Limitaciones en los análisis:** Nuestra universidad Norbert Wiener no cuenta con equipos de espectroscopía de absorción atómica y los reactivos necesarios para realizar la determinación de arsénico, cromo, cadmio y plomo en camarones de río (*Cryphiops caementarius*), durante los meses que se realiza nuestra investigación.

- **Las limitaciones en el acceso a los trayectos del río Mala en las zonas de Calango y Santa Cruz de Flores:** Es difícil el acceso a zonas de propiedad privada, que se debe entrar para llegar a los puntos de muestreo y recolección de camarones (*Cryphiops caementarius*) del río Mala de las zonas de Calango y Santa Cruz de Flores, durante los meses de abril a octubre del 2020. También, debido a las restricciones por el problema de salud que se está viviendo actualmente en el Perú y el mundo (Covid -19), hacen aún más difícil el acceso a la zona de Cañete ( Calango y Santa Cruz de Flores).

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes de la investigación

#### 2.1.1. Antecedentes nacionales:

**Ortega et al.** (12) en su artículo de investigación del 2022, de la revista UNITRU-Rebiol en la Universidad Nacional Agraria de la Selva, Huánuco, Tingo María-Perú. “Bioacumulación de metales pesados en tres especies de peces bentónicos del río Monzón, región Huánuco. Objetivo: Evaluar los valores de cobre, cadmio y plomo en peces carachama, julilla y boquichico. Método: Se utilizó un equipo espectrofotómetro de adsorción atómica de llama para analizar las muestras de especies hidrológicas de músculo, hígado digestadas en medio ácido. Se tomó 12 ejemplares por cada especie en tres puntos. Resultados: La mayor concentración de los metales pesados resultó en el hígado de las tres especies en estudio, en el músculo los valores promedio de cadmio fueron de 0,73 ppm en boquichico, 1,59 ppm en carachama y 1,62 ppm en julilla. De cobre: 2,44 ppm en boquichico, 2,41 ppm en carachama 2,78 ppm en julilla. De plomo fue de 5,09 ppm en carachama, 0,61 ppm en boquichico y no se determinó en julilla. De cobre: 2,78 ppm en julilla; 2,44 ppm en boquichico y 2,41 ppm en carachama.

Conclusión: En este estudio se concluyó que en los peces boquichico, carachama y julilla registraron acumulación de los metales pesados cadmio, plomo y cobre en sus órganos de estudio: hígado y músculo, resultando mayor en el hígado. Carachama y boquichico mayor acumulación de plomo en el hígado, El boquichico acumuló mayor plomo en el hígado, la carachama mostró mayor acumulación de plomo en el músculo. En la julilla se acumuló mayor concentración de cadmio y cobre.

**Llerena et al.** (5) en su investigación del 2019, realizado en la Universidad Nacional de San Agustín de la facultad de ciencias biológicas de Arequipa “Concentración de mercurio en productos hidrobiológicos de mayor consumo en la población escolar de las instituciones educativas de Mollendo, Arequipa”. Tuvieron como: Objetivo: Determinar la concentración del mercurio, en las especies de pescados más consumidas por la población escolar de las instituciones educativas del nivel primario del distrito de Mollendo. Métodos: Se realizó el análisis de las muestras utilizando la metodología de espectrofotometría de absorción atómica, hidruros y vapor frío, en las 3 muestras de cada especie de pescados más consumidos expendidos en el mercado principal del distrito. Resultado: Se obtuvo como resultado que las 3 especies más consumidas son bonito (*Sarda chiliensis*), jurel (*Trachurus murphyi*) y pejerrey (*Odontesthes regia regia*); dieron como resultado las siguientes concentraciones de mercurio, se registró en el bonito (*Sarda chiliensis*),  $(0,031 \pm 0,047 \text{ mg/kg; N= 3})$ , seguido del jurel (*Trachurus murphyi*)  $(0,029 \pm 0,043 \text{ mg/kg; N= 3})$  y finalmente el pejerrey (*Odontesthes regia regia*)  $(0,010 \pm 0,014 \text{ mg/kg; N= 3})$ . Conclusión: Los valores de la concentración de mercurio, no sobrepasan el límite permisible de 0,5 mg/kg



establecido por el Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (SANIPES); sin embargo, el consumo de pescado con este tóxico constituye un factor de riesgo para la salud de la población, ya que aun en bajas concentraciones (trazas), se produce el proceso de biomagnificación y bioacumulación, que es el incremento de la concentración de este tóxico a través del tiempo en el organismo del ser humano.

**Inga et al.** (4) en su estudio de investigación de 2016, en el laboratorio de toxicología de la facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Norbert Wiener y en el laboratorio centro toxicológico S.A.C., en Lima-Perú, “Determinación de cadmio, mercurio y plomo en langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao durante el periodo marzo-abril 2016”. Tuvieron como, Objetivo: Evaluar la concentración de cadmio, plomo y mercurio entre marzo y abril del 2016 en los langostinos del terminal de Villa María del triunfo de Lima y Ventanilla en Callao. Método: Se utilizó la técnica de absorción atómica por horno de grafito para determinar cadmio y plomo, para el mercurio con generador de hidruros, la cantidad de langostinos para el estudio fue de veinte unidades. Resultados: Se encontró: Para plomo valor promedio fue de 0,50 mg/Kg, con valores extremos (0,28 mg/Kg y 0,79 mg/Kg). El cadmio resultó como promedio 0,42 mg/Kg con valores extremos (0,24 mg/Kg y 0,65 mg/Kg), las cuales superan los límites permisibles dados por el Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (SANIPES). El mercurio resultó 0,19 mg/Kg este no sobrepasa los límites permisibles. Conclusiones: En este estudio el plomo fue el metal con la mayor concentración encontrado en los langostinos (*Litopenaeus vannamei*).

**Monroy (6)** en su trabajo de investigación de tesis de 2016, en la Universidad Católica de Santa María. Facultad de Ciencias Farmacéuticas, bioquímicas y biotecnológicas. Arequipa-Perú. “Niveles de metales pesados cromo, arsénico, plomo y mercurio en Cefalotórax de *Cryphiops caementarius* “camarón” en los ríos Ocoña, Majes y Tambo Arequipa 2016”. Objetivo: Determinar cromo, mercurio, plomo, arsénico en “Camarón” de los ríos Ocoña, Majes, Camaná y Tambo y en qué lugares se encuentra mayor presencia de estos metales y su repercusión en la salud de los seres humanos. Métodos: Se tomó 30 muestras: 10 muestras del río Ocoña, 10 muestras del río Tambo, 10 muestras del río Majes-Camaná y la determinación del contenido de metales pesados fue en un equipo de Espectrometría de plasma inducido (ICP). Resultado: Se encontró en el río Ocoña mayor concentración de plomo: 1,1 mg/Kg, en río Tambo mayor concentración de arsénico: 1,3 mg/Kg y en el río Majes Camaná: arsénico con 1,7 mg/Kg. Conclusión: Con este estudio se comprobó, que en las muestras de cefalotórax del “camarón” *Cryphiops caementarius* de los ríos Ocoña, Tambo y Majes-Camaná, se encuentran por encima de los valores establecidos para el consumo según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura /Organización Mundial de la Salud ( FAO/OMS).

**Espinoza et al. (13)** en su investigación de 2015, publicado en la revista del instituto de investigación (RIIGEO), de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, realizado en el río Tumbes-Perú. Cuyo título es “Niveles de mercurio, cadmio, plomo y arsénico, en peces del río Tumbes y riesgos para salud humana por su consumo”. Objetivo: Determinar cadmio, mercurio, arsénico y plomo en el tejido muscular de peces del río Tumbes y los posibles

riesgos en la salud de la población al consumir estos peces del río Tumbes. Métodos: Se determinó la presencia de cadmio, plomo, mercurio y arsénico utilizando absorción atómica: vapor hidruro y llama. Resultado: El contenido de mercurio y arsénico es inferior a los valores establecidos de máximo permisible correspondiente. El plomo y cadmio superó al contenido máximo permisible respectivo, no cumpliendo con el parámetro de calidad. Conclusión: El estudio se realizó utilizando las especies: lisa, mojarra, chalaco y sábalo siendo especies representativas por su taxonomía y ecología; estando los altos valores de plomo y cadmio especialmente en la lisa, este estudio indica la importancia de efectuar estudios en el consumo humano y especiación de los metales en los peces que habitan en un determinado lugar.

### **2.1.2 Antecedentes Internacionales**

**Barraza et al.** (14) en su estudio de investigación de tesis de 2018, para la Facultad de Ciencias Veterinarias de la UNCPBA. Mar de Plata-Argentina, cuyo título es “Análisis cuantitativo de metales pesados, en pescados para exportación a la Unión Europea”. Objetivo: Evaluación del contenido de arsénico, mercurio, plomo y cadmio en tejido muscular de los peces merluza austral (*Merluccius australis*) y pescadilla (*Cynoscion striatus*). Método: Se utilizó la espectrofotometría de absorción atómica, por tres métodos: de horno grafito, método de llama y el método de vapor frío con formación de hidruros. Resultados: Las concentraciones de los metales pesados en estudio arsénico, cadmio, mercurio y plomo en las muestras de merluza y pescadilla, resultaron por debajo del nivel máximo permitido para el consumo humano, según las normativas nacionales e internacionales. Conclusiones: Según este

estudio, se confirmó que en mayor o menor medida las aguas de la costa marplatense están contaminadas por plomo, cadmio, mercurio y arsénico, cuyas concentraciones en las muestras de merluza austral y pescadilla no exceden el nivel máximo permisible en Argentina ni Unión Europea, siendo estas concentraciones encontradas en las muestras de los pescados en estudio no tóxicas por lo tanto no presentan riesgo para el consumo humano.

**Vázquez et al.** (15) en su estudio de investigación de 2017, para la Universidad autónoma de Tamaulipas, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, “Dr. Norberto Treviño Zapata -México, cuyo título es “Metales pesados (Pb, Cd y Hg) en el “camarón” *Farfantepenaeus aztecus* de la Laguna Madre, Tamaulipas y el riesgo a la salud pública”. Objetivo: Determinar la presencia de metales pesados: cadmio, plomo y mercurio en el “camarón” silvestre de la laguna Madre en tres zonas y sus posibles efectos en la salud pública. Método: Se determinó la presencia de cadmio, plomo y mercurio en las muestras por espectroscopia de absorción atómica. Resultados: Obteniéndose en este estudio valores que no sobrepasan la norma mexicana de estos metales pesados. Conclusión: No se consideró un riesgo para la salud pública el consumo del “camarón” para ninguno estos metales pesados cadmio, plomo y mercurio.

**Senior et al.** (16) presentó un estudio en 2016, en este artículo el estudio de investigación de la contaminación por metales de organismos marinos en la Universidad Estatal Península de Santa Elena, Escuela de bioquímica y farmacia. Machala. Provincia El Oro. Ecuador. Cuyo título es “Metales pesados (cadmio, plomo, mercurio) y arsénico en pescados congelados de elevado consumo en el Ecuador”. Objetivo: Determinar cadmio, plomo,

mercurio y arsénico en muestras de pescados congelados: corvina, dorado, tilapia y atún, comprados de varios supermercados de Machala provincia El Oro. Método: Las concentraciones de los metales en estas muestras de pescados fueron leídas en un espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer 3110 de doble haz y llama de aire, acetileno y corrector de fondo de deuterio. Resultados: Las concentraciones de arsénico, plomo y mercurio superaron las especificaciones de las normas internacionales establecidas para el consumo humano. Los valores de cadmio resultaron inferiores al límite de detección del método ( $0,0042 \text{ mgKg}^{-1}$ ). Conclusiones: Debido a los resultados superiores de arsénico, plomo y mercurio a los límites máximos permitidos en las muestras de pescado, será una necesidad controlar de manera periódica estos metales pesados en los peces.

**Pájaro et al.** (17) en su estudio de investigación de tesis de 2016, para la Universidad de la Costa - CUC. Barranquilla- Atlántico. Colombia, con título “Evaluación de las concentraciones de metales pesados (Cd y Pb) en especies ícticas comercializadas, en la plaza del pescado de la ciudad de Barranquilla y riesgo potencial para la salud humana”, Objetivo: Determinar las concentraciones de cadmio y plomo en el tejido muscular de los peces de lebranche, bocachico, mojarra rayada, mojarra lora y mojarra roja vendidas en la plaza del pescado en Barranquilla del departamento del Atlántico - Colombia. Método: Se utilizó la técnica de espectrofotometría de absorción atómica, tomando 10 muestras de cada especie. Resultados: En la mojarra roja, la mayor concentración es ( $0,223 \pm 0,075 \text{ } \mu\text{g/g}$  de plomo y  $0,020 \pm 0,021$  de cadmio), la concentración de cadmio fue más bajo en la mojarra Lora con  $0,01 \pm 0,014 \text{ } \mu\text{g/g}$  y el plomo en la lebranche con  $0,102 \pm 0,112$

µg/g. Conclusiones: Se determinó que ninguna de estas especies de peces en estudio genera peligro en la salud humana, debido a que sus valores fueron menores que 1, por lo tanto, el riesgo no es perceptible. Todas las concentraciones no sobrepasaron las especificaciones establecidas por - *United States - Environmental Protection Agency US-EPA*, 2008. Se recomienda su consumo moderado, porque la bioacumulación de cadmio y plomo a largo tiempo puede aumentar el riesgo de envenenamiento y de esta manera provocar problemas en la salud en los pobladores que los ingieren.

**Aguilar et al.** (18) en su estudio de investigación en 2014, para la Universidad del Carmen. Facultad de Ciencias Químicas. Campeche, México. Con título “Niveles de Metales pesados en especies marinas: Ostión (*Crassostrea virginica*), jaiba (*Callinectes sapidus*) y el “camarón” (*Litopeneus setiferus*), de Ciudad del Carmen, Campeche, de México”. Objetivo: Analizar cadmio, fierro, cobre, plomo y zinc en el ostión, jaiba y el “camarón”, de la laguna de Termino en Campeche. Método: El tejido de estos organismos se trató bajo criterios de NOM-117, en digestión con ácido nítrico y se utilizó el equipo de absorción atómica de flama para su análisis. Resultados: El ostión y jaiba presentaron altos niveles de cadmio, hierro, cobre y plomo, comparándolo con el “camarón”. Los niveles detectados están dentro de las normas mexicanas reglamentadas, para los productos de la pesca y, por tanto, no representan riesgo para la salud. Estos resultados indican también que debido a que la jaiba y el ostión, por sus hábitos alimenticios y lugar que habitan, son más susceptibles a la contaminación.

## 2.2 Bases teóricas

### 2.2.1. Ubicación geográfica del río Mala

El río Mala se inicia en las partes altas de las provincias de Yauyos y Huarochirí, muy cerca de la cordillera, es decir, extendiéndose en parte de las provincias de Huarochirí, Cañete, Yauyos y sus distritos ubicados en el departamento de Lima (19). La cuenca del río Mala fluye de norte a sur y limita por el norte con la cuenca del río Lurín, por el este con la cuenca del río Mantaro, por el sur con la cuenca del río Cañete y por el oeste con el océano Pacífico (19).

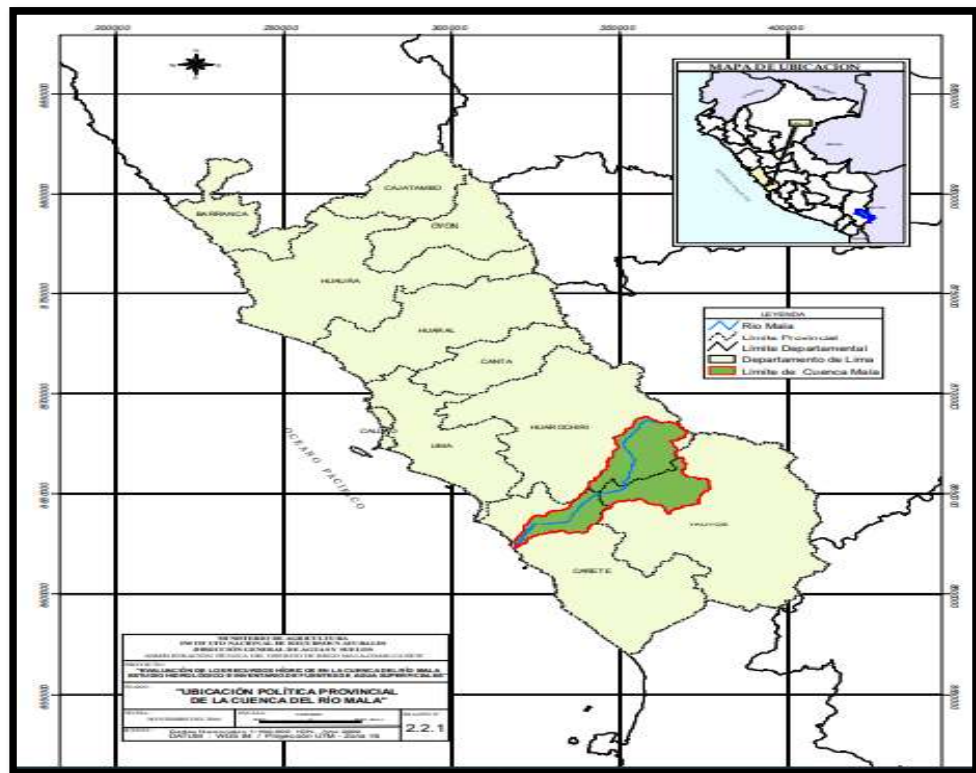


Figura 1. Ubicación de la cuenca del río Mala (19).

### 2.2.2. Calango

Es la capital del distrito de Calango, está ubicada en la provincia de Cañete, departamento de la gran Lima. Encontrándose exactamente sobre la margen

derecha del río Mala casi a 20 Km, al noreste de la ciudad de Mala. Ubicada en la baja cuenca del río Mala que va de 0 a 800 metros sobre el nivel del mar, catalogada como desierto subtropical (19).

### 2.2.3. Santa Cruz de Flores

Es la capital del distrito de Santa Cruz de Flores de la provincia de Cañete, situada en el departamento de Lima, en el Km 89 de la carretera Panamericana Sur, sobre el lado derecho del río Mala. La actividad económica principal de sus pobladores deriva de la pequeña agricultura y minería que se desarrollan en este lugar (19).



Figura 2: Ubicación de la provincia de Cañete (19).



#### **2.2.4. Contaminación de las aguas de los ríos, mares por metales pesados**

El agua de los ríos, mares y lagos contienen cantidades naturales menores de metales pesados necesarias para el desarrollo de los organismos y no afectan negativamente el ecosistema. El problema se origina cuando aumenta la concentración de estos metales, debido a que se convierten en sustancias tóxicas en la cadena alimenticia, incluso para el ser humano (21). Los metales pesados impregnan las aguas por la vía atmosférica, debido a la sedimentación, por vía terrestre, por medio de la escorrentía superficial de áreas contaminadas o por vía directa de vertidos de aguas residuales urbanas o industriales. Es de destacar, que las concentraciones altas de arsénico, cromo, cadmio y plomo en el medio acuático son atribuibles a la minería, por lo que esto constituye una contaminación antropogénica relacionados con las descargas procedentes de las industrias (20).

En tal sentido, la contaminación por metales pesados se ha devenido en una amenaza peligrosa para los ecosistemas acuáticos y, por ende, para el hombre. En la clasificación de la Agencia de Protección Ambiental (en inglés EPA), los 13 elementos contaminantes principales son: arsénico, antimonio, cadmio, berilio, cobre, cromo, níquel, mercurio, plomo, plata, zinc, talio y selenio (21). Generalmente, estos contaminantes no se eliminan de las aguas por procesos naturales, porque no son biodegradables. Por tal motivo, tienen gran importancia como indicadores de calidad ambiental o ecológica del agua debido a su toxicidad y a su propiedad acumulativa (22). Asimismo, los metales pesados tienden a asociarse con otras sustancias como los carbonatos o sulfatos y en un nivel mayor con sustancias orgánicas

formando combinaciones que se van acumulando en el ambiente, especialmente en los crustáceos de ríos y en sedimentos (22, 24).

Las principales causas de origen humano que producen contaminantes por metales pesados son: Procesos de extracción de minerales en general, explotaciones petrolíferas, extracción industrial de metales, y los procesos posteriores a ésta, materiales relacionados con la agricultura y ganadería (23). Los metales pesados son elementos químicos metálicos que tienen un peso atómico alto, tóxicos, con densidad mayor a la del agua cinco veces más (14). Pueden originarse debido a la actividad humana, pues, generalmente, las industrias los emplean en los procesos productivos, cuando utilizan productos químicos que los contienen en su composición. Desde un enfoque químico, estos metales tienen diferentes niveles de reactividad, solubilidad en el agua y carga iónica; asimismo, poseen efectos tóxicos y de contaminación ambiental. Luego de encontrarse en los ecosistemas, se pueden incorporar a cualquier forma de vida vegetal y animal, llegando luego a los humanos (24).

Estos se pueden encontrar como impurezas en minerales primarios, que son los que se encuentran principalmente en rocas ígneas, también se encuentran en rocas sedimentarias, donde son absorbidos por minerales secundarios, productos de la desintegración física y descomposición química de los minerales primarios, esto indica que existe una gran presencia de metales pesados en estas dos clases de rocas y que por lo general se ubican en los ríos y los sedimentos (23).

## **2.2.5. Toxicidad de los metales pesados en estudio**

### **2.2.5.1. Arsénico.**

El arsénico es un metal pesado de número atómico 33 y de peso molecular de 74,922 Daltons, elemento natural que está presente en la corteza de la tierra, en el aire, el agua y el suelo; también hay contaminación por la actividad humana. Los estados de oxidación del arsénico son -3, 0, +3 y +5 (25). Se encuentra especialmente en el entorno marino, a menudo en las grandes concentraciones de formas orgánicas, de hasta 50 mg/kg de arsénico en algunos productos del mar, como las algas marinas, el pescado, los mariscos y los crustáceos. Si bien el arsénico se asocia con la muerte, es un elemento esencial para la vida y su deficiencia puede dar lugar a diversas complicaciones (24).

El arsénico es un contaminante liberado al medio ambiente, principalmente por las actividades del hombre en la minería, la industria, como en la fabricación de biocidas, que son químicos empleados en la higiene, la industria alimentaria para destruir, combatir y neutralizar microorganismos (25). Los seres humanos se exponen cuando se alimentan de los vegetales cultivados en suelos contaminados con arsénico, y alimentos derivados de animales, que hayan ingerido arsénico presente en el suelo o en el agua (22). La contaminación por arsénico en los seres humanos ocurre a través de tres vías principales: Al inhalar aire contaminado con arsénico, ingerir alimentos, agua contaminada con arsénico y por penetración a través de la piel, siendo ésta última generalmente la

más común: la contaminación del arsénico por ingestión, a través de los alimentos y el agua (25).

**Toxicocinética:** la absorción, ocurre a través de la piel, la digestión y la respiración; los compuestos orgánicos pentavalentes son mejor absorbidos en el intestino delgado y los trivalentes por la piel; la distribución ocurre en un inicio a través de la sangre por la globulina, luego ingresa al hígado, a la pared intestinal y bazo, uniéndose a los grupos sulfhídricos de las proteínas de los tejidos y, aproximadamente a las 30 horas, está depositado en el pelo; la biotransformación ocurre principalmente en el hígado (su mecanismo no está bien definido) supuestamente ocurren dos procesos de reacciones: la de la reducción del arsénico +5 que se transforma en arsénico +3 y la otra reacción es la de la metilación oxidativa, donde el arsénico +3 se convierte en producto metilado. La eliminación del arsénico es a través del riñón en cuatro días aproximadamente (26).

**Toxicodinámica:** Los compuestos hidrosolubles de arsénico son absorbidos más fácilmente que los compuestos de arsénico liposolubles. La toxicidad del arsénico modifica significativamente varios procesos celulares y moleculares que dependen de su forma y el estado de oxidación del arsénico. Se presenta una variedad de reacciones oxidativas y reducciones sucesivas dentro del cuerpo humano; por ejemplo, las reacciones de metilación que producen diversos metabolitos. Éstos tienen una toxicidad que depende de su valencia, la que establece su reactividad, la vida media y distribución

en todo el cuerpo. Los compuestos de arsénico de forma metiladas son las más tóxicas (25).

**El efecto del arsénico en la salud Humana:** Los problemas provocados por la contaminación con arsénico van desde la muerte a corto plazo hasta efectos graves a largo plazo y afectan los órganos y varios sistemas, como los sistemas respiratorio, inmunológico, cardiovascular, reproductivo, nervioso, renal, endocrino, hepático y el sistema eritropoyético (25).

Los efectos a corto plazo: En concentraciones mayores de arsénico, los síntomas se presentan entre 30 a 60 minutos, los que se inician con un sabor metálico y ardor en los labios y dificultades para pasar los alimentos; asimismo, problemas gastrointestinales como, dolor de abdomen, cólicos, diarrea, náuseas y vómitos, provocando deshidratación y un desnivel de electrolitos, lo que conllevan a una baja de presión arterial y deficiencia de oxígeno en el cuerpo, finalmente, comienzan a fallar los diversos órganos del sistema cardiovascular, hepático y renal, que los causan la muerte (25).

Los efectos crónicos: A largo plazo, la contaminación por arsénico presenta una diversidad de efectos contra la salud humana, destruyendo los principales sistemas del cuerpo y los órganos, algunos de ellos son: El cáncer dérmico, la debilidad del sistema muscular; en el sistema endocrino, el cáncer al páncreas y diabetes mellitus y, en el sistema hepático, la hepatotoxicidad y cáncer hepático; en el sistema respiratorio, el cáncer pulmonar; en el sistema reproductivo, la infertilidad y cáncer de próstata,

malformaciones congénitas y muerte; en el sistema hematopoyético, la trombocitopenia y cáncer; en el sistema renal, la proteinuria, disfunción renal y cáncer al riñón y vejiga; en el sistema cardiovascular, el daño al sistema vascular; en el sistema inmune, enfermedades autoinmunes; en el sistema nervioso, trastornos de aprendizaje y alzheimer (25).

#### **2.2.5.2. Cromo.**

El cromo se encuentra en la naturaleza en las rocas, en los animales la vegetación y, en el suelo, en combinación con otros metales. El suelo, el aire y el agua pueden contaminarse con cromo, debido a que las industrias lo liberan después de su uso, como, por ejemplo, las industrias del curtido de cuero, la industria textil, las industrias que fabrican productos que tienen como base el cromo, en la industria de deposición de metales mediante electricidad (27). El cromo metálico, que es la forma de cromo (0), se usa para fabricar acero. El cromo (VI) y el cromo (III) se usan en el cromado, en tinturas y pigmentos, curtido de cuero y para preservar madera. 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 (22).

El cromo, es un elemento metálico pesado, utilizado en gran cantidad en el proceso del curtido de las pieles, para darles las características necesarias. Los estados de oxidación estables del cromo son: cromo (III) y cromo (VI), este último es un agente

cancerígeno, daña al material genético y la información genética (ADN). El suelo y el agua se contaminan con los iones de cromo (VI), por lo que es un peligro para los seres humanos y el medio ambiente (28).

**Toxicocinética:** El cromo puede ingresar al cuerpo humano a través de los alimentos, el aire, el agua y el suelo y se absorbe por vía oral, contacto cutánea o respiración. Se distribuye a nivel de la médula ósea, los ganglios linfáticos, pulmones, hígado, riñón y el bazo. Como la absorción del cromo +3 es menor que la de cromo +6, el primero, no atraviesa las membranas celulares, uniéndose a la transferrina. El segundo, es tomado de manera rápida por los eritrocitos y es incorporado a otras células por el sistema transportador de sulfatos (29). La reducción intracelular genera intermediarios reactivos, como el cromo +5, +4 y +3; asimismo, los radicales libres hidroxilo y oxígeno. Estas formas reactivas del cromo son susceptibles de alterar el ADN. La excreción sucede, fundamentalmente, mediante la orina, y no hay una retención importante en los órganos. En los seres humanos, el riñón elimina, aproximadamente, el 60 % del cromo VI que se ha absorbido, en forma de cromo III y en menor grado, por las heces (vía biliar), cabello, uñas, leche y sudor (29).

**Toxicodinámica:** El cromo VI es altamente tóxico. Su interacción biológica con biomoléculas está asociada con la reducción al cromo VI y al cromo III. Esta reducción del cromo VI es muy importante en su toxicidad (30). En el cuerpo se transforma el cromo VI a cromo

III y es eliminado mayormente por la orina y otra parte del cromo puede quedar durante años en las células. La exposición del cromo en las personas afecta sus vías respiratorias, manifestándose secreción nasal, irritación del interior de la nariz, no se puede respirar, se presenta también alergias que impiden respirar y sarpullidos en la piel. Según la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (en inglés, IARC), en los humanos, la inhalación de como VI conduce a cáncer del pulmón, la ingestión de cromo VI afecta al estómago e intestino delgado y a la sangre (27).

#### **2.2.5.3. Cadmio**

El cadmio es un elemento muy escaso en la naturaleza. Es de color blanco, ligeramente azulado. El cadmio es utilizado en las pilas, baterías, pinturas, plásticos, abonos, asbestos, pigmentos, soldaduras, vidrio, porcelana, entre otros. La principal fuente de contaminación por cadmio, en los seres vivos son el agua y los alimentos (31). Generalmente, se encuentra como mineral combinado con otras sustancias, tales como el oxígeno (óxido de cadmio), cloro (cloruro de cadmio), o azufre (sulfato de cadmio, sulfuro de cadmio). Todo tipo de terrenos y rocas, incluso los minerales de carbón y abonos minerales contienen algo de cadmio (21). La Organización Mundial de la Salud indica que la manifestación y gravedad de los síntomas, signos y desequilibrio en el organismo está relacionado por el tiempo de exposición, la cantidad y la vía de ingreso del cadmio (31).



**Toxicocinética:** La alimentación es la fuente principal de ingesta de este metal. La absorción por el tracto gastrointestinal es de aproximadamente 50%; la dieta deficiente en calcio, hierro o proteína incrementa la velocidad de su absorción. Tras la absorción, ya sea por vía digestiva o respiratoria, El cadmio ingresa al hígado, donde se inicia la producción de una proteína de bajo peso molecular que se une al cadmio, la metalotioneína (32); es probable que exista un ingreso continuo por vía hemática, del hígado al riñón de pequeñas cantidades de metalotioneína unida al cadmio. El complejo metalotioneína-cadmio se filtra a través de los glomérulos a la orina primaria. Las células de los túbulos proximales reabsorben el complejo metalotioneína-cadmio de la orina primaria; en estas células. las enzimas digestivas degradan las proteínas en péptidos de menor tamaño y aminoácidos (33).

Los iones de cadmio libres que se liberan tras la degradación de la metalotioneína inician una nueva síntesis de metalotioneína, que se une al cadmio y protege a la célula de los efectos sumamente tóxicos de los iones libres de cadmio. Se piensa que cuando se supera la capacidad de producción de metalotioneína en las células de los túbulos, se produce la insuficiencia renal. Los riñones y el hígado presentan las concentraciones de cadmio más elevadas, puesto que contienen cerca del 50 % de la carga corporal de cadmio. La concentración de cadmio en la corteza renal, antes de que se produzcan lesiones renales inducidas por este metal, es aproximadamente 15 veces superior a la concentración hepática. En

condiciones “normales” de distribución, el cadmio absorbido se excreta principalmente por la orina y, en menor cantidad, con la bilis, aunque pequeñas porciones puedan eliminarse por el sudor, el pelo y aún con la secreción gastrointestinal, pero el cadmio que sale con las heces, en su mayor parte, es el que no se absorbió (33).

**Toxicodinámica:** El cadmio tiene como órganos y tejido diana a los riñones, los huesos y los pulmones, sobre los que se manifiestan los efectos clínicos. Además, se manifiestan los efectos neurotóxicos, teratogénicos o alteradores del sistema endocrino a menor escala, Uno de los indicadores más comunes y tempranos de la exposición por tiempo prolongado al cadmio es el daño que sufre la función renal. De esta manera, la reabsorción en los túbulos renales proximales está afectada y se manifiesta con una intensa proteinuria tubular, que puede resultar en una excreción de proteínas 10 veces por encima de lo normal de proteínas totales y hasta 1,000 veces de las proteínas de bajo peso molecular, como la beta-2 microglobulina. Los pulmones también se consideran órganos críticos en la exposición al polvo de cadmio. Se han publicado casos de neumonitis química con disnea, tos, expectoración, molestias torácicas y disfunción pulmonar; la exposición más alta podría causar edema pulmonar (34).

La administración oral de 10 mg de cadmio puede originar trastornos gastroduodenales, con náusea y vómito, como respuesta inmediata, aunque la dosis oral aguda con efectos mortales para un adulto es superior a 350 mg. Además, se han descrito alteraciones en la

acción enzimática del hígado. Aparentemente, el cadmio no ejerce ninguna acción directa sobre la hematopoyesis; más bien parece tener efecto de interferencia en la absorción del hierro de los alimentos. Estos efectos se manifiestan principalmente por una disminución en la concentración de hemoglobina; sin embargo, estos efectos son reversibles. En un número limitado de estudios epidemiológicos, se ha examinado la asociación entre el cadmio y la aparición de otros cánceres dependientes de hormonas, como los de mama y endometrio (34).

Los efectos en el ser humano al exponerse al cadmio por un tiempo prolongado son: cálculos renales, osteoporosis, anemia, trastornos respiratorios, hipertensión, problemas nerviosos (vértigo, insomnio, sudoración, contracciones musculares, dolor de cabeza recurrente), baja de peso, disminución del apetito, cáncer de pulmón y próstata. Los efectos que se presentan en la intoxicación por cadmio a corto plazo son: inflamación del tejido pulmonar, llamada neumonitis, acumulación de líquidos en los pulmones, inflamación del tracto gastrointestinal, náuseas, dolor del abdomen, vómito, diarrea, insuficiencia renal y también, al final, puede presentarse anomalías cromosómicas, defectos y malformaciones en el desarrollo embrionario (35).

El Cadmio se introduce al torrente sanguíneo por absorción en el estómago o intestinos, después de ingerir la comida o agua, o por inhalación al absorberse en los pulmones. En el intestino, en un primer momento, las células internalizan el cadmio que está presente

en el lumen intestinal y en la siguiente etapa, una parte del cadmio traspasa la membrana lateral de los enterocitos e ingresa a la circulación de la sangre. La acción tóxica del cadmio se debe a su fijación o afinidad con los grupos carbonilo, sulfhídrico, hidroxilo, cisteinil, fosfatil e histidil y a su competitividad con otros elementos funcionalmente esenciales, como el cobre, hierro, cinc, y calcio (36).

#### **2.2.5.4. Plomo.**

El plomo es un elemento de color azulado, forma sales, óxidos y algunos compuestos organometálicos. El plomo es utilizado como aditivo antidetonante en la gasolina, baterías, joyería, en las latas de conservas, tintes para el pelo en cosmetología, cerámica, soldaduras, armamento, insecticidas entre otros. La intoxicación por plomo es debido a la ingestión de manera involuntaria de compuestos de plomo o por alimentos contaminados con plomo del ambiente contaminado (35).

**Toxicocinética:** El plomo puede ingresar en el organismo por vía respiratoria, digestiva o cutánea. La absorción por vía respiratoria depende del tamaño de las partículas, la ventilación pulmonar y la solubilidad del compuesto; por esta vía se inhalan vapores, polvos y humos de polvo. Aquellas partículas inferiores a 1  $\mu\text{m}$  penetran hasta el alvéolo. Por vía digestiva sólo se absorbe un 10% del plomo ingerido, siendo eliminado el 90% restante por las heces. Por vía cutánea, el plomo que atraviesa la piel, pasa a través de los folículos

pilosos y glándulas sebáceas y sudoríparas, directamente al torrente circulatorio (30).

El plomo se distribuye en el organismo unido en un 95% a los hemáties. Existe una fracción ligada a proteínas ricas en azufre, nitrógeno y oxígeno, así como una fracción ligada a los tejidos, de gran importancia en la exposición laboral, dado el carácter acumulativo del compuesto. De este modo, por ejemplo, se acumula en el hígado, el riñón, el sistema nervioso y, sobre todo, en el tejido óseo, en forma de trifosfato en la epífisis de los huesos largos, zonas donde el metabolismo del calcio es más activo, dada la afinidad del plomo con el calcio, determina situaciones que pueden provocar una movilización del calcio óseo (acidosis, neoplasias, alteraciones metabólicas, etc.) podrían conllevar la liberación a la sangre, del plomo almacenado (33).

El plomo tiene gran afinidad con los grupos sulfhídricos, en especial por las enzimas dependientes de zinc. El mecanismo de acción es complejo; en primer lugar, parece ser que el plomo interfiere con el metabolismo del calcio, sobre todo cuando el metal está en concentraciones bajas (37,34). Se excreta fundamentalmente por vía renal (75%) y aquellas fracciones no absorbidas se eliminan con las heces. En menor proporción intervienen las faneras (pelos y uñas), el sudor, la leche y/o la saliva (38).

**Toxicodinámica:** Este metal interacciona con metales pesados esenciales como calcio, hierro, zinc y cobre compitiendo con ellos o modificando su concentración en las células. Además, inhibe la

adenosina trifosfatasa del sodio potásico, o también llamada bomba de sodio y potasio (ATPasa Na /K), incrementando la permeabilidad celular, además de la síntesis de ADN, ARN y proteínas; también inhibe la síntesis del grupo hemo, por lo tanto, todas las enzimas respiratorias que lo contienen y la hemoglobina por inhibición específica de la ALAD (d-aminolevulínico-deshidrasa), coprofibrinógeno-oxidasa y ferroquelatasa. Además de todo esto, también altera los microtúbulos. Es importante destacar que los signos y síntomas de la intoxicación por plomo orgánico difieren significativamente de los correspondientes a la intoxicación por plomo inorgánico; el plomo tetraetilo y tetrametilo son compuestos liposolubles y son absorbidos con facilidad por la piel, el TGI (Tracto Gastrointestinal) y los pulmones. Prácticamente todos los efectos tóxicos tienen lugar a nivel del SNC y no suelen presentarse efectos hematológicos de importancia (39).

La absorción del plomo se da en el riñón, en el encéfalo, hígado y los huesos. En los huesos se deposita el plomo aproximadamente hasta 20 años. El plomo va a afectar la función del calcio en el cuerpo, inhibir la producción de la hemoglobina y provocará daño neurológico (35).

La contaminación con plomo a corto plazo en la salud humana afecta el sistema nervioso central con sensaciones punzantes, de picor, hormigueo o quemazón en el cuerpo, dolor y debilidad muscular, destrucción de glóbulos rojos, anemia, exceso de hemoglobina en la orina, afecta los riñones. La intoxicación con

plomo a largo plazo es gastrointestinal (estreñimiento, cefalea, dolor intestinal y abdominal), renal, reproductivo, neuromuscular (debilidad muscular, parálisis de músculos), nervioso, esterilidad y muerte neonatal en seres humanos, también efectos teratogénicos en el sistema nervioso del feto que afectan su desarrollo (35).

La contaminación con el plomo en los riñones produce cambios en las mitocondrias e inflamación de las células del epitelio del túbulo proximal y alteraciones funcionales que provocan amino aciduria, glucosuria e hiperfosfaturia (síndrome de Fanconi) (40).

Según la Organización Mundial de la salud (2015), recién en las últimas décadas, reconoció que las consecuencias de la exposición al plomo; aun cuando éstas sean leves, afectan el desarrollo de los niños pequeños y, a largo del tiempo, a los adultos mayores. La Organización Mundial de la Salud considera la intoxicación por plomo como un problema mundial, por tal motivo, fomenta la detección y prevención desde su detección, de esta manera se minimizan gastos y su efecto en la sociedad (41). Una persona que absorbe gran cantidad de plomo, presenta intoxicación que afecta sus sistemas: renal, óseo, hemático y nervioso central, con convulsiones, edema cerebral y puede incluso ocasionar la muerte (41,42).

#### **2.2.6. Camarones de río (*Cryphiops caementarius*)**

El “camarón” de río, es uno de los recursos naturales de la vertiente occidental del centro y sur costero del Perú (desde Lambayeque hasta el sur)

y al norte de Chile, su nombre científico es *Cryphiops caementarius*, es muy comercializado. Por lo general son capturados directamente en los ríos (7).

El gran consumo del recurso natural “camarón” en Calango y Santa Cruz de Flores en Cañete, nos motiva investigar y determinar la concentración de los metales pesados arsénico, cromo, cadmio y plomo, en el mes de abril a octubre del 2020.

La forma del cuerpo de este tipo de “camarón” de río es alargado de sección circular y de una coloración que va de gris azulado, el cefalotórax es la parte formada por la cabeza y el tórax equivale a la mitad del cuerpo del “camarón” y su cola la otra mitad, el segundo par de apéndices locomotores termina en pinzas. El “camarón” se divide anatómicamente en cefalotórax (cabeza y tórax), abdomen y telson (es la parte final del abdomen de los artrópodos). El “camarón” se reproduce durante todo el año mayormente de enero a marzo (7).

**Hábitat:** El “camarón” de río, *Cryphiops caementarius*, habita en el agua dulce de los ríos, de aguas de movimiento moderado, cuyo color sea semitransparente, de fondo arenoso, con piedras, blando y viscoso propias del fango y las orillas con vegetación acuáticas ramificadas. El hábitat del “camarón” de río, debe tener las condiciones necesarias para su respectivo desarrollo y sobrevivencia. La temperatura debe estar entre 10° a 25°C, el pH debe ser de 6 a 8, el oxígeno disuelto del agua puede ser de 3ppm (7).

El “camarón”, tiene un gran valor nutricional y poderoso, pues son fuente de proteínas, como la crustacianina; contiene grasas poliinsaturadas de elevada calidad, también diversas vitaminas como riboflavina, la tiamina, piridoxina, cianocobalamina, niacina y ácido pantoténico. En el “camarón”



también se incluye el poder nutricional de los minerales, entre los cuales están, el zinc, cobre, flúor, calcio y fósforo, así como el contenido de ácido graso omega-3 en proporciones moderadas (7).



**Figura 3.** “Camarón”. *Cryphiops Caementarius* (7).

**Tabla 1.** Taxonomía del “camarón” de río (7).

| <b>Categorías</b>  |                               |
|--------------------|-------------------------------|
| <b>Taxonómicas</b> | <b>Nomenclatura</b>           |
| <b>Phylum</b>      | <i>Arthropoda</i>             |
| <b>Clase</b>       | <i>Crustacea</i>              |
| <b>Sub-Clase</b>   | <i>Malacostraca</i>           |
| <b>Serie</b>       | <i>Eumalacostraca</i>         |
| <b>Super Orden</b> | <i>Eucaridea</i>              |
| <b>Orden</b>       | <i>Decápoda</i>               |
| <b>Sub-Orden</b>   | <i>Natantia</i>               |
| <b>Sección</b>     | <i>Caridea</i>                |
| <b>Familia</b>     | <i>Palaemonidae</i>           |
| <b>Especie</b>     | <i>Cryphiops Caementarius</i> |

**Fuente:** Según Molina, 1782.

### 2.2.7. Normativa.

#### Límites Máximos Permisibles de algunas legislaciones sobre crustáceos.

A través de los alimentos se pueden transmitir enfermedades, que, mayormente, son de tipo infeccioso y otros son químicos, como las intoxicaciones. La cantidad de casos de estas enfermedades es un problema de salud pública que preocupa enormemente, pues sigue siendo causa de muerte en todo mundo, así que algunos países han establecido límites máximos permisibles, precisamente para regular la producción alimentaria y promueve su consumo protegiendo la salud de los consumidores. A continuación, se muestra la tabla N°2 que indica los límites de los metales pesados en el tejido muscular del “camarón” (7).

**Tabla 2.** Los límites de metales pesados en el tejido muscular del “camarón” (7).

| Metales Pesados       | Unid. | Legislación |          |               |           |                    |       |          |                        |
|-----------------------|-------|-------------|----------|---------------|-----------|--------------------|-------|----------|------------------------|
|                       |       | Unión       | Española | Australiana y | Brasileña | Codex Alimentarius | Suiza | MERCOSUR | Norma Oficial Mexicana |
| <b>Antimonio (Sb)</b> | mg/Kg | -           | -        | -             | -         | -                  | -     | -        | -                      |
| <b>Arsénico (As)</b>  | mg/Kg | -           | -        | 2             | 1         | -                  | -     | 1        | 80                     |
| <b>Cadmio (Cd)</b>    | mg/Kg | 0,5         | 1        | -             | 1         | 0,5                | 1     | 0,5      | 0,5                    |
| <b>Cobre (Cu)</b>     | mg/Kg | -           | -        | -             | 30        | -                  | -     | -        | -                      |
| <b>Cromo (Cr)</b>     | mg/Kg | -           | -        | -             | 0,1       | -                  | -     | -        | -                      |
| <b>Hierro (Fe)</b>    | mg/Kg | -           | -        | -             | -         | -                  | -     | -        | -                      |
| <b>Manganeso</b>      | mg/Kg | -           | -        | -             | -         | -                  | -     | -        | -                      |

|                      |       |     |   |     |      |     |     |     |     |
|----------------------|-------|-----|---|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| <b>(Mn)</b>          |       |     |   |     |      |     |     |     |     |
| <b>Mercurio (Hg)</b> | mg/Kg | 0,5 | - | 0,5 | 0,01 | -   | 0,5 | 0,5 | 1   |
| <b>Níquel (Ni)</b>   | mg/Kg | -   | - | -   | 5    | -   | -   | -   | -   |
| <b>Plomo (Pb)</b>    | mg/Kg | 0,5 | 5 | -   | 0,8  | 0,5 | 1   | 0,5 | 0,5 |
| <b>Vanadio (V)</b>   | mg/Kg | -   | - | -   | -    | -   | -   | -   | -   |
| <b>Zinc (Zn)</b>     | mg/Kg | -   | - | -   | -    | -   | -   | -   | -   |

Fuente: La Legislación 2016.

### Normativa, estándares de la Calidad del agua de río

**Tabla 3.** Categoría 4: Conservación del ambiente acuático (43).

| PARAMETROS      | UNIDADES | RIOS<br>COSTA Y SIERRA |
|-----------------|----------|------------------------|
| Arsénico        | mg/L     | 0,1500                 |
| Cadmio disuelto | mg/L     | 0,00025                |
| Cromo VI        | mg/L     | 0,0110                 |
| Plomo           | mg/L     | 0,0025                 |

Fuente: D.S. N°004- 2017- MINAM. Estándares de calidad ambiental (ECA).

#### 2.2.8. Definición de términos

##### *Codex Alimentarius:*

El *Codex Alimentarius*, o “Código Alimentario”, es un conjunto de normas, directrices y códigos de prácticas aprobadas por la comisión del *Codex Alimentarius*. La comisión, conocida también como CAC, constituye el

elemento central del programa conjunto de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura / Organización Mundial de la Salud (FAO/OMS) sobre Normas Alimentarias y fue establecida por estas organizaciones FAO y OMS con la finalidad de cuidar la salud de los consumidores e impulsar el desarrollo de las prácticas adecuadas en el comercio alimentario (44).

**Concentración:** Cantidad de soluto presente en una determinada cantidad de disolución (20).

**Contaminante:** Materia o energía que al incorporarse y/o actuar en el medio ambiente degrada o altera su calidad a niveles no adecuados para la salud y el bienestar humano y/o ponen en peligro los ecosistemas (20).

**Contaminación:** Acción y estado que resulta de la introducción por el hombre, de contaminantes al ambiente por encima de las cantidades y/o concentraciones máximas permitidas tomando en consideración, el carácter acumulativo o sinérgico de los contaminantes en el ambiente (20).

**Estándares de calidad ambiental (ECA)** Son indicadores ambientales que van a establecer aquellos valores que están permitidos para contaminantes en el medio ambiente. Es el nivel de concentración, de sustancias químicas, biológicas y físicas que se encuentran en el suelo, aire y agua siendo un cuerpo receptor, el cual no representa riesgo para el medio ambiente ni para la salud de los seres humanos (45).

**Intoxicación poblacional:** Es perjudicar la salud humana por contaminación de metales pesados en los alimentos, el suelo, aire y agua, cuya presencia superan los estándares de calidad ambiental internacional y nacional en una población establecida (46).

**Metales pesados:** Son elementos químicos que tienen una masa atómica mayor a 60. Estos metales pesados originan toxicidad en los seres humanos (46).

**Metaloides o No metálicos:** Son un conjunto de elementos químicos que son capaces de perjudicar la vida de todo ser vivo; por ejemplo, el arsénico entre otros (46).

**Toxicidad:** Término utilizado para hacer referencia a la capacidad de causar daño a un organismo vivo, así como respecto de cualquier efecto adverso de una sustancia química en un organismo vivo (20).

## **2.3 Formulación de Hipótesis**

### **2.3.1. Hipótesis de Investigación (H1):**

Las concentraciones de arsénico, cromo, cadmio y plomo en camarones (*Cryphiops caementarius*) de Calango y Santa Cruz de Flores, durante los meses de abril a octubre del 2020, sobrepasan los límites máximos permisibles, dados por las normativas internacionales de la Legislación Brasileña y el *Codex Alimentarius*, por lo tanto, incide en la salud de sus pobladores que los consumen.

### **2.3.2. Hipótesis Nula (H0):**

Las concentraciones de arsénico, cromo, cadmio y plomo en los camarones (*Cryphiops caementarius*) de Calango y Santa Cruz de Flores, durante los meses de abril a octubre del 2020, no sobrepasan los límites máximos permisibles, dados por las normativas internacionales de la Legislación Brasileña y el *Codex Alimentarius*, por lo tanto, no incide en la salud de sus pobladores que lo consumen.

## CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

### 3.1. Método de investigación

Estudio Cuantitativo, No experimental

### 3.2. Enfoque investigativo

Estudio cuantitativo Transversal.

### 3.3. Tipo de investigación

Investigación Descriptiva analítica.

### 3.4. Diseño de la investigación

Cuantitativa

### 3.5. Población, muestra y muestreo

**Población:** Los camarones del río Mala del trayecto de las zonas de Calango y Santa Cruz de Flores en Cañete, Lima -Perú.

**Muestra:** Se tomaron 10 muestras de “camarón” de 10 puntos del transepto del río Mala de la zona de Calango y Santa Cruz de Flores.

Utilizando Sistema de Posicionamiento Global (GPS). Se tomaron 7 muestras en la zona de Calango y 3 muestras en la zona de Santa Cruz de Flores.

La recolección se realizó en el mes de octubre del 2020. Definidos los 10 puntos de muestreo y conociendo ya las ubicaciones que se estableció con la ayuda de un pescador experimentado quien ubicó estratégicamente los puntos de extracción de los camarones a lo ancho del cauce del río ingresó al río a capturar los camarones, los que se colocaron en bolsas ziploc, dentro de un cooler para su conservación (entre 6 a 10°C) y transporte a los Laboratorios Analíticos J y R S.A.C (Laboratorio ambiental), para el respectivo análisis de las muestras ( las muestras recolectadas fueron llevadas al laboratorio antes de las 5 horas de realizado el muestreo). Los camarones que se consideraron para el análisis fueron adultos demás de a 7cm de longitud.

**Criterios de inclusión y exclusión:**

Criterios de Inclusión: Se tomó como criterio toma de muestra de camarones mayores a 7cm. de longitud, para dar cumplimiento a lo impuesto por el estado peruano para todos los ríos de la costa.

Criterios de Exclusión: Se excluyó camarones de menor tamaño a 7 cm. de longitud, para dar cumplimiento a lo dispuesto por el estado peruano para todos los ríos de la costa.

### **3.6. Variables y Operacionalización**

**Variable Independiente.**

Los Camarones (*Cryphiops caementarius*) de Calango y Santa Cruz de Flores: Estos camarones forman parte de los recursos biológicos del río Mala, especialmente en el trayecto de las zonas de Calango y Santa Cruz de Flores, que es de gran en la

población. Se evaluará la concentración de metales pesados arsénico, cromo, cadmio, y plomo durante los meses de abril a octubre del 2020.

#### **Variable dependiente.**

La concentración de arsénico, cromo, cadmio y plomo: Es la cantidad existente de arsénico, cromo, cadmio y plomo que se va determinar en muestras de “camarón” de las zonas de Calango y Santa Cruz de Flores para determinar si sobrepasan los límites máximos permisibles internacionales de la legislación brasileña y el *Codex Alimentarius*, lo que podría incidir en la salud de los pobladores que lo consumen.

### **3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.7.1. Técnica**

Para la elaboración de la investigación se usaron las siguientes técnicas e instrumentos:

Observación directa: En el que se pudo identificar los 10 puntos a muestrear.

La técnica operatoria se realizó mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica, utilizando la técnica analítica con llama para la determinación cuantitativa de plomo, cromo, cadmio y la técnica analítica con generador de hidruros para la determinación de arsénico.

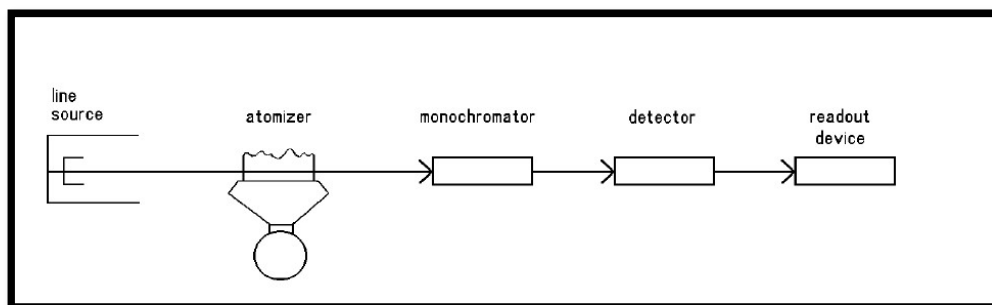
#### **Espectrofotometría de Absorción Atómica**

La espectrofotometría de absorción atómica es un método analítico que se utiliza o se emplea para analizar metales pesados, en diversas matrices, ya sea alimentos, fluidos biológicos, filtros de captación ambiental. Esta



técnica nos va a ayudar a determinar el grado de contaminación del medio ambiente, la concentración de metales en los alimentos, etc. Por lo tanto, en nuestra investigación se utilizó este método para determinar la concentración de arsénico, cromo, cadmio y plomo en muestras de “camarón” de las zonas de Calango y Santa Cruz de Flores.

Para realizar mediciones en espectrometría de absorción atómica es necesario producir una población de átomos en estado fundamental, de la manera más eficiente posible y pasar radiación del elemento que se va a evaluar a través de la población de átomos. En un sistema ideal, el extremo de medición de luz del sistema debe medir la longitud de onda que se absorbe, cualquier otra radiación detectada disminuye la sensibilidad de la medición. El diseño de un espectrómetro de absorción atómica de llama básico se muestra a continuación (47).



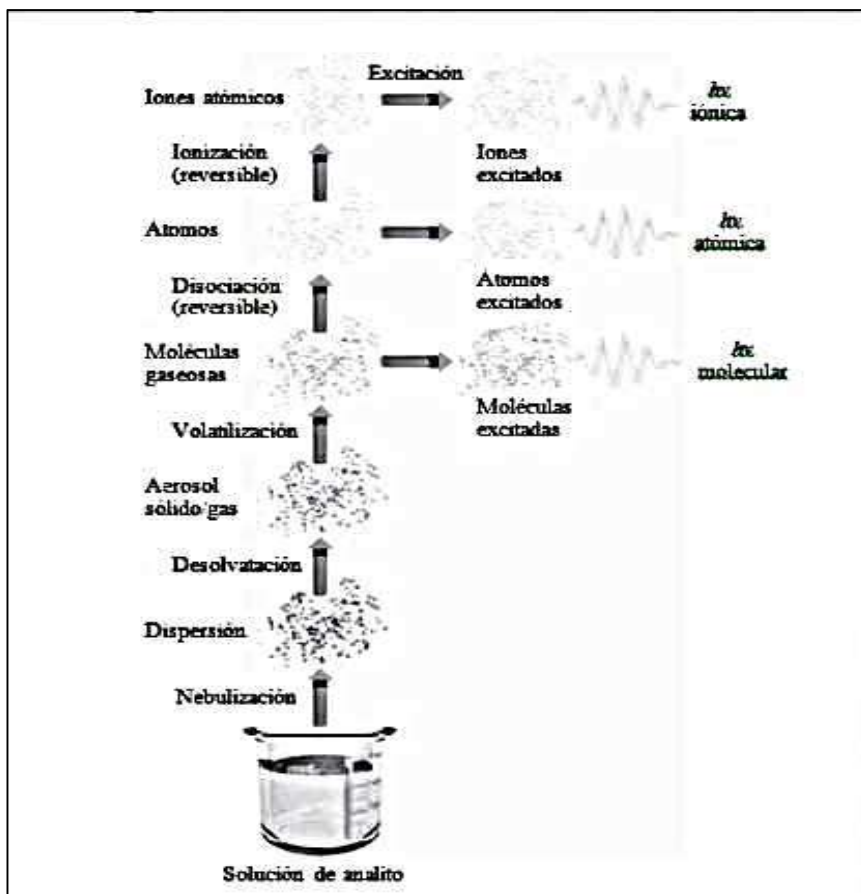
**Figura 4.** Espectrómetro de absorción atómica de llama (47).

Luz de una fuente lineal de longitud de onda característica para el elemento que se determina, pasa a través de la llama en la que se ha rociado una fina niebla de solución de muestra. La región del espectro que se va a medir se selecciona mediante un monocromador. La línea espectral aislada cae sobre el fotomultiplicador, el detector y la salida se amplifica y envía a un

medidor del dispositivo de lectura digital o analógico, a un registrador de gráficos a través de un sistema informático de procesamiento de datos, impresora o digital monitor.

El fundamento de la espectrofotometría de absorción atómica es la absorción de radiación de una determinada longitud de onda, cuya radiación selectivamente es absorbida por átomos que tengan niveles energéticos. La técnica de absorción atómica en llama consiste en aspirar la muestra líquida por un tubo capilar y llevarla a un nebulizador que lo desintegra y forma un rocío o gotas de líquido pequeñas. Estas son dirigidas a una flama y mediante procesos los reducen a sus átomos componentes, los que son absorbidos cualitativamente, la radiación emitida por la lámpara y su cantidad dependen de su concentración (48).

En el atomizador de llama, la solución de la muestra se nebuliza a través de un flujo de oxidante gaseoso mezclado con un combustible gaseoso y se la lleva hacia una llama, donde ocurre el paso de la atomización. En la figura 4.1, se observa como en la llama ocurre una serie compleja de procesos interconectados. iniciando con la **desolvatación**, donde el disolvente se evapora y produce un aerosol molecular finamente dividido; seguidamente, éste se **volatiliza** y forma moléculas de gas. La **disociación** de la mayor parte de dichas moléculas produce un gas atómico. Entonces algunos de los átomos del gas se ionizan y producen cationes y electrones. En la llama se producen otras moléculas y átomos, como resultado de las interacciones del combustible con el oxidante y con las distintas especies de la muestra (49).



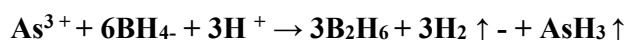
**Figura 5.** Procesos que ocurren durante la atomización (49).

### Técnica de Generación de Hidruros

La técnica de generación de hidruros es un método para introducir la muestra como un gas que contienen arsénico, antimonio, estaño, selenio, bismuto y plomo en un atomizador. Este procedimiento aumenta los límites de detección para estos elementos por un factor de 10 a 100. La mayoría de estas especies son muy tóxicas, por tal motivo es muy importante que los niveles de concentración para determinarlas sean bajos (49). Muchos elementos son difíciles de determinar por llama de espectroscopía de absorción atómica, como, por ejemplo, el arsénico, debido a que su principal

línea de resonancia está por debajo de 200 nm, donde la absorción por los gases de la llama es fuerte. Un enfoque alternativo es utilizar la propiedad de algunos metales para formar hidruros. El hidruro puede descomponerse en vapor atómico sin entrar en contacto directamente con la llama (47).

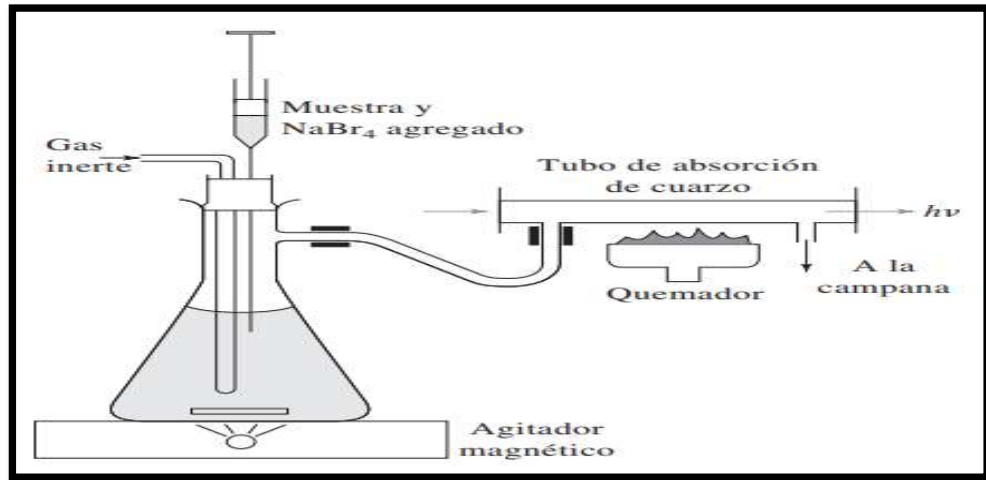
Los hidruros se generan por reducción con agentes reductores. Estos pueden ser borohidruro de sodio o cloruro de estaño; y el medio ácido clorhídrico, se forman en un frasco adaptado para la reacción antes de pasar el vapor a la llama. El agente reductor es una solución de borohidruro de sodio al 1% que se prepara en NaOH 0,1%. La solución que contiene la muestra acidificada se hace reaccionar con borohidruro de sodio como sigue (47).:



Luego, el  $\text{B}_2\text{H}_6$  se hidroliza a ácido bórico.

El hidruro producido se transporta normalmente en una corriente de gas inerte al atomizador, un tubo en forma de T de sílice montado en la llama; luego se descomponer el  $\text{AsH}_3$  y se mide de la manera habitual. La respuesta al arsénico y al antimonio varía según su estado de valencia en el que el estado +5 da una respuesta más pobre que el +3. Estos elementos deben reducirse con yoduro de potasio antes de la generación del hidruro (47).

La atomización de los hidruros requiere sólo que se los caliente en un tubo de cuarzo, como se observa en la figura 6.



**Figura 6.** Generador de hidruro y sistema de atomización para espectrometría de adsorción atómica (49).

En la determinación de la concentración de arsénico en nuestras muestras de “camarón” del río Mala de las zonas de Calango y Santa Cruz de Flores en Cañete Lima - Perú, se utilizó esta técnica de generación de hidruros y los resultados fueron comparados con los límites máximos permisibles establecidos por la legislación brasileña.

### **Instrumentación de recolección de datos**

Los instrumentos en la determinación de las concentraciones de arsénico, cadmio, cromo y plomo en muestras de “Camarón” del río Mala en las zonas de Calango y Santa Cruz de Flores en Cañete, Lima -Perú se utilizó las metodologías de análisis de la *Asociación de Químicos Agrícolas Oficiales Internacional AOAC Official Method 999.11 Determination of Lead, cadmium, copper, iron, and zinc in Foods*; *Agencia de Protección del Ambiente EPA Method 7000B Flame atomic absorption spectrophotometry 19th edition (2012)* ; y *Standard Methods For The Examination Of Water*

*And Waste Water, 23rd, Edic. Año 2017 SM 3111B Metals by Flame atomic absorption spectrometry. Direct Air -Acetylene Flame Method y SM 3114 C. Arsenic and Selenium by hydride Generation/atomic absorption spectrometry.*

Los cuales se han implementado en los Laboratorios Analíticos J y R SAC, donde se realizó el estudio, asimismo, los lineamientos para el desarrollo del muestreo, tratamiento y el análisis de las muestras se basaron en las normativas mencionadas.

#### **Instrumentos, equipos y materiales:**

- ✓ Espectrofotómetro de absorción atómica *Thermo Scientific* modelo serie ICE 3000.
- ✓ Generador de hidruros - VP-100.
- ✓ Campana Extractora marca HMS.
- ✓ Balanza analítica marca OHAUS
- ✓ Plancha de calentamiento marca HMS.
- ✓ Lámparas de cátodo hueco para arsénico, cromo, cadmio y plomo.
- ✓ Purificador de agua Milli-Q marca Milipore
- ✓ Pipetas volumétricas clase A de 1; 2; 3; 4;5 y 10 mL.
- ✓ Vasos de precipitado de 100 y 200 mL
- ✓ Fiolas de vidrio clase A de 25; 50; 100 y 250 mL.
- ✓ Papel de filtro Whatman 42.
- ✓ Matraz de 250 mL.
- ✓ Capsulas de porcelana de 10cm de diámetro para secado
- ✓ Desecador

- ✓ Bolsas Ziploc
- ✓ Hielo

**Reactivos:**

- ✓ Agua ultrapura tipo I conductividad  $\leq 0,056 \mu\text{s}/\text{cm}$
- ✓ Ácido nítrico 95%. p.a. marca JT Baker.
- ✓ Ácido Clorhídrico 37% p.a. marca JT Baker.
- ✓ Peróxido de hidrogeno 30% p.a. marca JT Baker.
- ✓ Borohidruro de sodio p.a. marca JT Baker.
- ✓ Ioduro de potasio p.a. marca JT Baker.
- ✓ Hidróxido de sodio p.a. marca JT Baker.
- ✓ Solución estándar trazable a NIST de arsénico 1000  $\mu\text{g}/\text{L}$  marca Merck.
- ✓ Solución estándar trazable a NIST de plomo 1000  $\text{mg}/\text{L}$  marca Merck.
- ✓ Solución estándar trazable a NIST de cadmio 1000  $\text{mg}/\text{L}$  marca Merck.
- ✓ Solución estándar trazable a NIST de cromo 1000  $\text{mg}/\text{L}$  marca Merck.

**3.7.2. Descripción**

**Trabajo de campo**

Para el muestreo de los camarones en el río Mala, se realizaron en los 10 puntos establecidos en el trayecto del río en las localidades de estudio de Calango y Santa Cruz de Flores en Cañete, Lima-Perú. Los muestreos se realizaron en la época de octubre del 2020 ingresando a las zonas del río que son accesibles para la recolección.

Las coordenadas establecidas de los 10 puntos de muestreo a lo largo del río mala:

Coordenadas de la Zona de Santa Cruz de Flores:

- 1) 12°38'51.8"S 76°38'39.4"W
- 2) 12°37'36.1"S 76°37'56.3"W
- 3) 12°37'46.9"S 76°38'02.1"W

Coordenadas de la Zona de Calango:

- 4) 12°31'39.8"S 76°32'36.1"W
- 5) 12°31'41.5"S 76°32'42.2"W
- 6) 12°31'35.3"S 76°33'27.8"W
- 7) 12°31'32.4"S 76°33'35.1"W
- 8) 12°31'32.3"S 76°33'37.1"W
- 9) 12°31'40.08"S 76°32'37.87"W
- 10) 12°31'35.5"S 76°34'15.6"W

Ya establecidos los puntos y ubicados con ayuda de la plataforma de Geo posición Google Earth, se procedió a ubicar las muestras en cada uno de los puntos mencionados con el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y se procedió a la caza de los camarones. En la recolección de muestras de los camarones que se desplazan dentro del río bajo las rocas. En la captura, se movieron las rocas y rápidamente se las capturó, utilizando una red pequeña y se colocaron los ejemplares vivos en bolsas etiquetadas para transportarlas al laboratorio en cooler conservando la cadena de frío entre 6 a 10°C.

### **Trabajo de laboratorio**

#### **a) Procesamientos de la muestra**

- Se procedió a codificar las muestras en la cadena de custodia.



- El material de vidrio usado en el análisis, se procedió a lavar según indica el método estándar *Standard Methods For The Examination Of Water And Waste Water, 23rd, Edic*, para análisis de metales (50), siendo primero el lavado, luego enjuagado con ácido nítrico al 5% y con agua ultra pura y finalmente se secó en estufa.
- Se separó la carne del esqueleto del “camarón”. La carne del “camarón” de cada punto de muestreo se colocó en cápsulas de porcelana rotuladas, para el secado en estufa a 100°C por 2 horas. Una vez secado se colocó en el desecador para llegar a temperatura ambiente, y pesado constante.
- Se precedió a preparar la curva de calibración de los diferentes metales en análisis, y la solución de cobre para la optimización y verificación del equipo de absorción atómica.

**b) Digestión de la muestra**

La cuantificación de los metales plomo, cadmio y cromo, fueron por el método de espectroscopia de absorción atómica de llama, y para la cuantificación de arsénico con generador de hidruros.

Las muestras de camarones se prepararon de acuerdo con la técnica de digestión dada por el Laboratorio Analíticos J y R S.A.C., que está basada en los métodos de la *Asociación de Químicos Agrícolas Oficiales Internacional AOAC Official Method 999.11 Determination of Lead, cadmium, copper, iron, and zinc in Foods; Agencia de Protección del Ambiente EPA Method 7000B Flame atomic absorption spectrophotometry 19th edition (2012); y Standard Methods For The Examination Of Water And Waste Water, 23rd, Edic. Año 2017 SM 3111B Metals by Flame atomic absorption spectrometry. Direct Air*

*-Acetylene Flame Method y SM 3114 C. Arsenic and Selenium by hydride Generation/atomic absorption spectrometry.*

La digestión de las muestras, se trató con medio ácido nítrico p.a., para la destrucción de la materia orgánica.

- Terminado el proceso de secado se pesó en un matraz 1g. de muestra seca.
- Se añadió 10 ml de ácido nítrico concentrado.
- Se colocó en la plancha de calentamiento hasta obtener una solución cristalina.
- Se trasvasó a una fiola de 100 mL que contiene un embudo con filtro Whatman 42, para retención de partículas finas, y obtener una solución para lectura directa del equipo.
- Se enrasó la fiola a 100 mL con agua ultrapura.
- Se realizó el mismo proceso de digestión para el duplicado de muestra y fortificado de la muestra, para verificar la repetibilidad y eliminación de interferencias.

**c) Optimización del equipo de Absorción Atómica**

- El espectrofotómetro fue optimizado antes de realizar la lectura de la curva de calibración.
- Con una solución de cobre se procedió a optimizar el equipo para una mayor exactitud de los datos y así garantizar las condiciones óptimas de lectura para cada elemento a analizar en cada muestra.
- En la optimización se tomó en cuenta:
  - El quemador: su posición debe ser la óptima, y estar situada debajo del haz de radiación.

- El nebulizador: se optimiza el flujo de aspiración, con la solución de estándar del fabricante.
- La flama: se optimiza el flujo de los gases aire acetileno.

#### **Preparación de la curva de calibración**

- A partir de las soluciones estándares de referencia de cada metal se procedió a realizar diferentes diluciones para obtener las concentraciones de las curvas de calibración.
- Se realizó un blanco y 4 diferentes concentraciones para la realización de la curva de calibración para cada metal de estudio.

#### **d) Calibración del equipo de Absorción Atómica**

- Una vez realizada la optimización del equipo, se procedió a realizar las curvas de calibración del metal a analizar.
- Se procedió a realizar la lectura del blanco, el cual está constituido del mismo disolvente que el resto de las soluciones estándar de la curva de calibración, y las muestras. Posteriormente, se ajustó a cero, para asegurar la línea base.
- Se procedió a realizar la lectura de la primera solución estándar de la curva, obteniéndose la absorbancia, cuyo dato se almacena en el sistema del software Solaar del equipo, y así se procede a leer consecutivamente el resto de soluciones estándar de la curva de calibración preparada.
- Se procedió a evaluar el coeficiente de correlación lineal de la curva de calibración, la misma no debe ser menor a 0,995.
- Asimismo, para determinar la estabilidad de la curva de calibración, se procedió a pasar los controles de calidad correspondientes, blancos y lecturas de estándares controles cada 5 muestras.

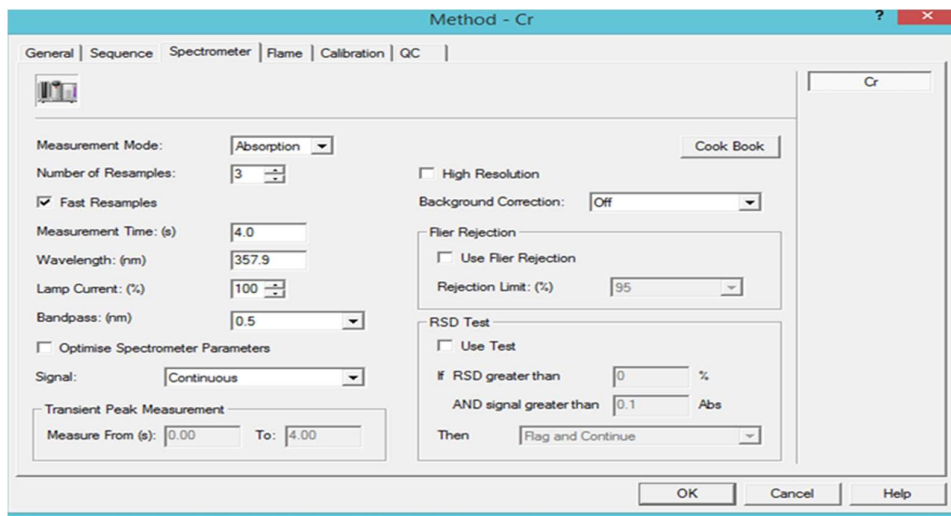
**e) Determinación de Metales: plomo, cadmio y cromo:**

- Al realizar la lectura en el equipo se seguirá el orden de lectura de blanco, luego los estándares (de menor a mayor concentración).
- Luego se procedió a realizar a realizar la lectura de un blanco digestado, como control de calidad para verificar el correcto desarrollo de la metodología y luego la lectura de las muestras.
- Seguidamente se colocaron las soluciones apropiadas de aseguramiento de la calidad/ control de calidad QA / QC.

**Determinación de Cromo**

**Condiciones espectrofotométricas para cromo**

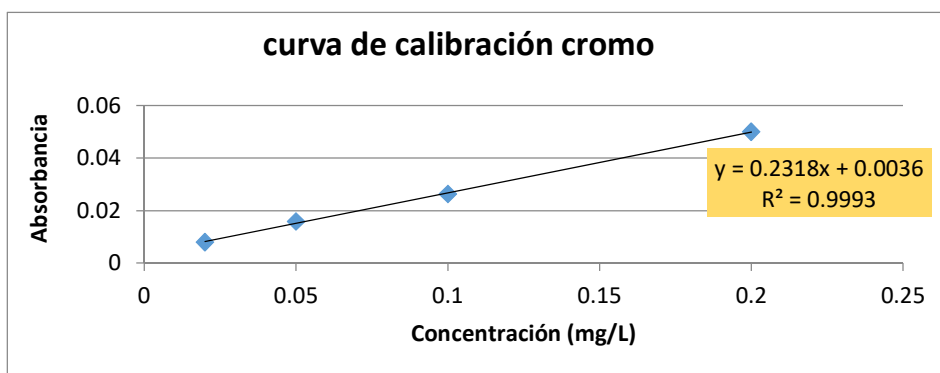
- Fuente de luz: Lámpara de cátodo hueco de cromo.
- Medida de señal: absorbancia
- Longitud de onda: 357.9nm.
- Tiempo de lectura: 4 segundos
- En la sección de Flama se indica el Flujo de gas aire-acetileno: 0,9 - 1,2 L/min.
- En la sección de Calibración se ingresa los puntos de calibración que se leerán.



**Figura 7.** Condiciones espectrofotométricas de cromo.

### Preparación de la curva de calibración de cromo

Se prepara los puntos de la curva de calibración en fioles de 100 mL a partir de una solución patrón trazable a NIST de 1000 mg/L, obteniéndose las concentraciones de: 0,02; 0,05; 0,10 y 0,20 mg/L



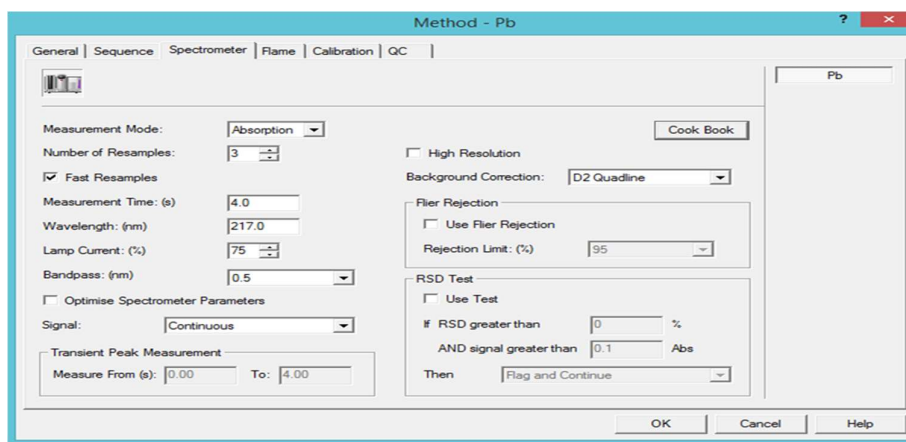
**Figura 8.** Curva de Calibración: relación absorbancia versus concentración de cromo.

### Determinación de Plomo

#### Condiciones espectrofotométricas para plomo

- Fuente de luz: Lámpara de cátodo hueco de plomo.

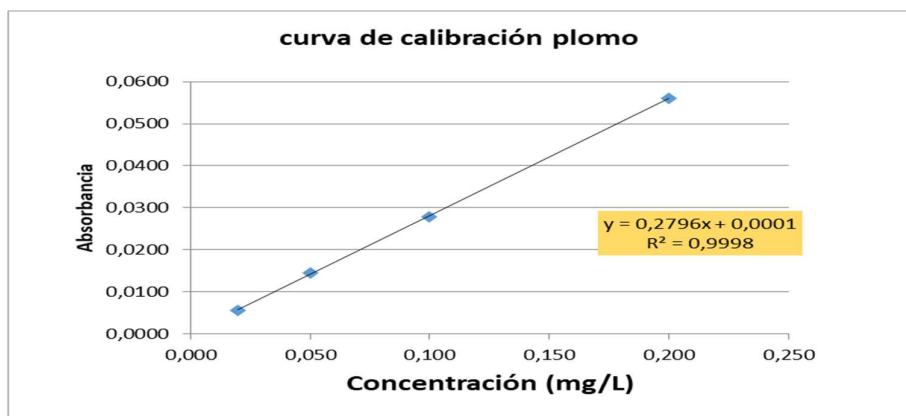
- Medida de señal: absorbancia
- Longitud de onda: 217.0 nm.
- Tiempo de lectura: 4 segundos
- En la sección de Flama se indica el Flujo de gas aire-acetileno: 0,9 - 1,2 L/min.
- En la sección de Calibración se ingresa los puntos de calibración que se leerán.



**Figura 9.** Condiciones espectrofotométricas de plomo.

### Preparación de la curva de calibración de plomo

Se prepara los puntos de la curva de calibración en fioles de 100 mL a partir de una solución patrón trazable a NIST de 1000 mg/L, obteniéndose las concentraciones de: 0,02; 0,05; 0,10 y 0,20 mg/L

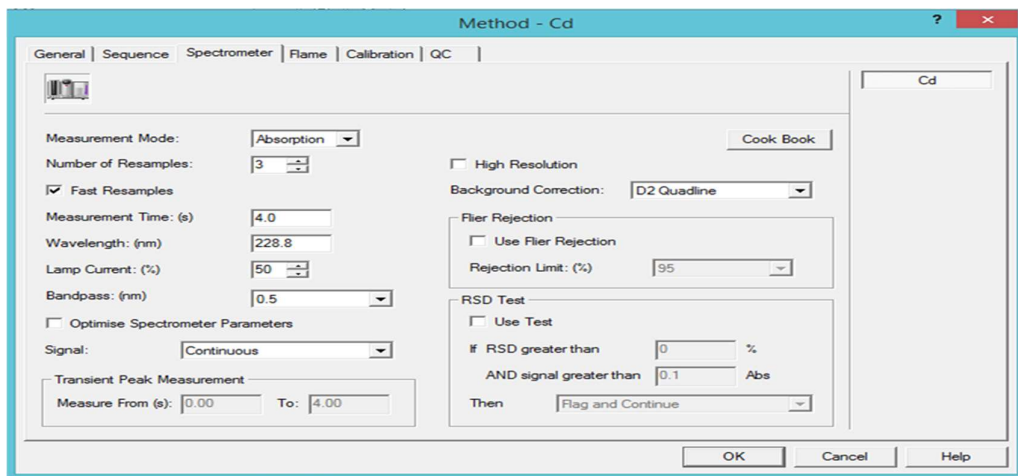


**Figura 10.** Curva de Calibración: relación absorbancia versus concentración de plomo.

## Determinación de Cadmio

### Condiciones espectrofotométricas para cadmio

- Fuente de luz: Lámpara de cátodo hueco de cadmio.
- Medida de señal: absorbancia
- Longitud de onda: 228.8 nm.
- Tiempo de lectura: 4 segundos
- En la sección de Flama se indica el Flujo de gas aire-acetileno: 0,9 - 1,2 L/min.
- En la sección de Calibración se ingresa los puntos de calibración que se leerán.

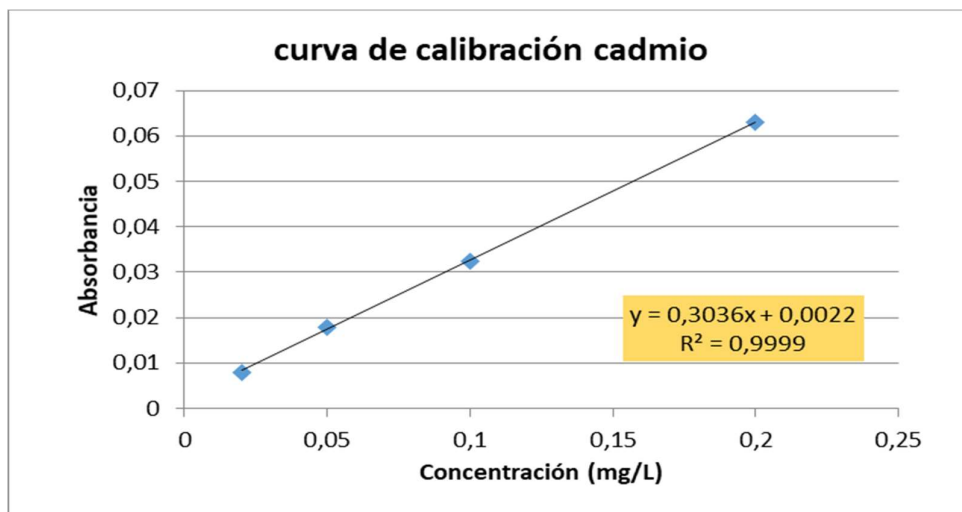


**Figura 11.** Condiciones espectrofotométricas de cadmio.

### Preparación de la curva de calibración de cadmio

Se prepara los puntos de la curva de calibración en fioas de 100 mL a partir de una solución patrón trazable a NIST de 1000 mg/L, obteniéndose las concentraciones de:

0,02; 0,05; 0,10 y 0,20 mg/L



**Figura 12.** Curva de Calibración: relación absorbancia versus concentración de cadmio.

**f) Determinación de Arsénico por Generación de Hidruro:**

El análisis de arsénico se realizó con un proceso adicional luego de la digestión de 1 g. de muestra en ácido nítrico concentrado. Una vez obtenida la solución digestada, se siguió los lineamientos dados en el método SM3114 C. *Arsenic and Selenium by hydride Generation/atomic absorption spectrometry*.

Generación de hidruros para la determinación de arsénico:

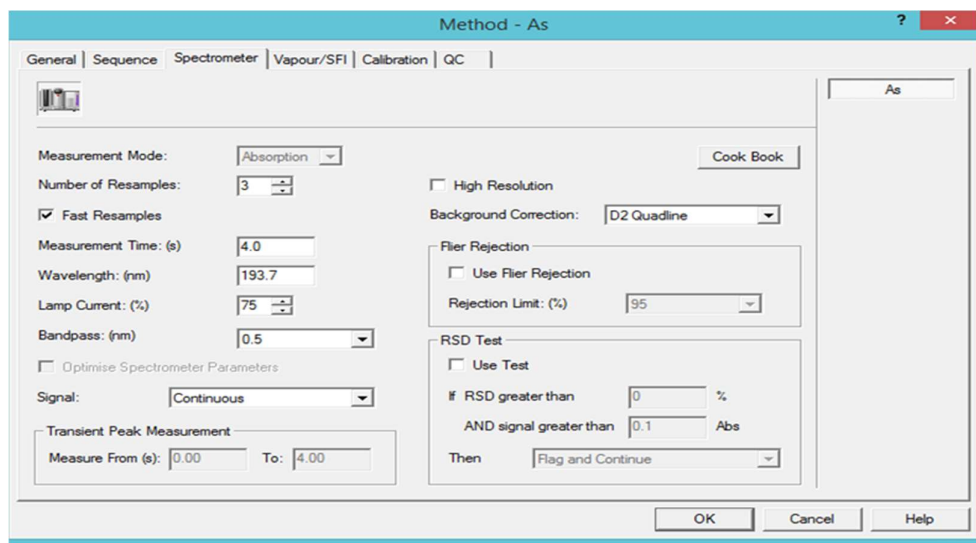
- Se tomó 50 mL de la muestra de la solución digestada, 50 mL de los estándares, 50 mL de blanco se colocaron en un frasco de 200 mL (tipo de frascos de winkler)
- Se agregó 5 mL de ácido clorhídrico concentrado; se procedió a mezclar, luego se agregó 5 mL de solución de ioduro de potasio al 10%, mezcló y esperó 30 minutos para que el metal se reduzca a su estado de oxidación más bajo.
- Se instaló la instrumentación y el aparato de generación de hidruros también se llenó los contenedores de reactivos.



- Se programó los flujos de muestra y blanco que deben de estar en torno a 4,2 mL /min.
- La solución de borohidruro de sodio se estableció alrededor de 2,1 mL/min.
- El flujo de gas portador de argón se ajustó a aproximadamente 200 ml/min.
- Al usar longitud de onda de 193,7 nm y ancho de rendija de 0,7 nm (recomendado por el fabricante) se dio corrección de fondo para el análisis del arsénico.
- Se conectó el recipiente de reacción al material de vidrio especial de entrada y salida de gas. Se colocó la línea de alimentación de muestra en una solución de muestra preparada y se encendió la bomba para comenzar la generación de hidruros.
- Se esperó que el valor de fondo sea cero en absorbancia para iniciar la reacción.
- Se procedió a la adición del reductor borohidruro de sodio, el cual genera hidruro gaseoso, y es llevado por el gas argón hacia una celda de cuarzo, que está en la celda de paso óptico del equipo de absorción atómica (51).
- La lectura del blanco tiene un valor de cero, y este blanco se usó para verificar que disminuye a la línea de base antes de cambiar a la siguiente muestra y comenzar la próxima lectura.
- Se procedió a realizar la lectura en el equipo, primero del blanco, seguidamente los estándares (de menor a mayor concentración).
- +Luego se procedió a realizar la lectura de muestras.
- Seguidamente se colocaron las soluciones apropiadas de aseguramiento de la calidad/ control de calidad QA / QC.

## Condiciones espectrofotométricas para Arsénico

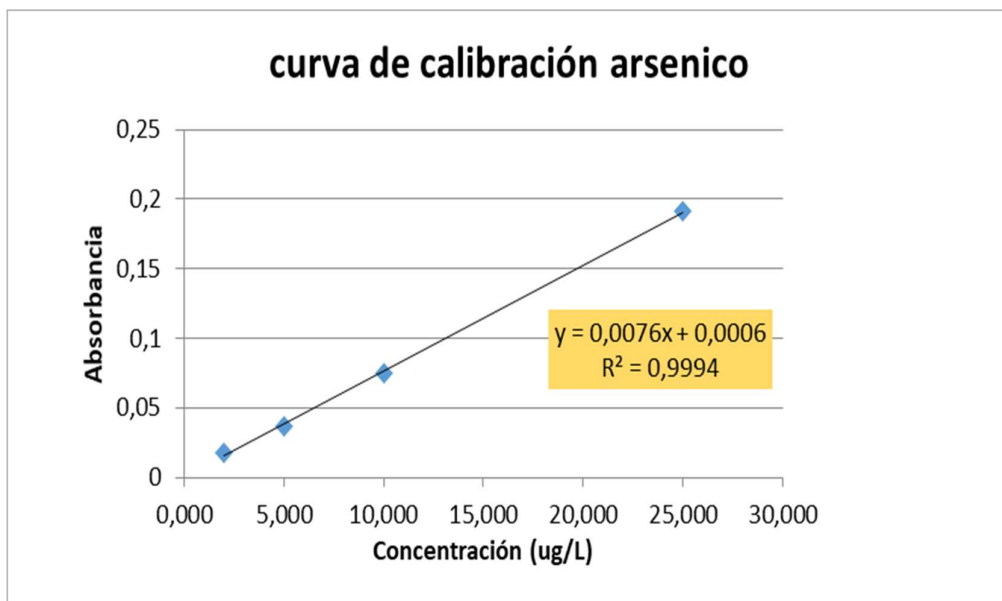
- Fuente de luz: Lámpara de cátodo hueco de arsénico.
- Medida de señal: absorbancia.
- Longitud de onda: 193.7 nm.
- Tiempo de lectura: 4 segundos.
- En la sección de Vapor se indica el Flujo de gas argón: 200 mL/ min.
- En la sección de Calibración se ingresa los puntos de calibración que se leerán.



**Figura 13.** Condiciones espectrofotométricas de arsénico.

## Preparación de la curva de calibración

Se prepara los puntos de la curva de calibración en fioles de 100 mL a partir de una solución patrón trazable a NIST. Arsénico: 2; 5; 10 y 25 µg/L



**Figura 14.** Curva de calibración: relación absorbancia versus concentración de arsénico

### 3.7.3. Validación

El equipo fue validado por el proveedor, dejando constancia del mismo en el certificado de verificación operacional (Anexo 3), dando validez a los resultados encontrados del laboratorio, garantizando su confiabilidad.

### 3.7.4. Confiabilidad

La confiabilidad se manejó usando el programa Excel y el estadístico SPSS.

## 3.8. Procesamiento y análisis de datos

Análisis estadístico

El método para el tratamiento de las muestras de “camarón” y sus lecturas posteriores, así como los límites máximos permitidos para cada metal en evaluación (Tabla 2. Los límites de metales pesados en el tejido muscular del “camarón”), se

tomaron en cuenta varias legislaciones o normativas, dado que el *Codex Alimentarius*, no ha establecido para todos los elementos en evaluación en el rubro de camarones. Por ello se tomó las referencias de Legislación Brasileña y *Codex Alimentarius*.

Asimismo, en la investigación se empleó los programas Excel y SPSS.

Se obtuvieron los resultados de las concentraciones de los metales pesados obtenidos en ppm de las muestras analizadas de acuerdo a las normas y se convirtió a mg/Kg los cuales se contrastaron con las normas de referencia.

### **3.9. Aspectos éticos**

En la investigación se tuvo en cuenta los aspectos éticos, realizándola con los estándares, condiciones y procesos adecuados.

Se ha utilizado solo camarones mayores a 7 cm, ya que según bibliografía éste es su tamaño normal (7), y es mejor no interrumpir su crecimiento para evitar contribuir a su disminución poblacional.

## CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

### 4.1 Resultados

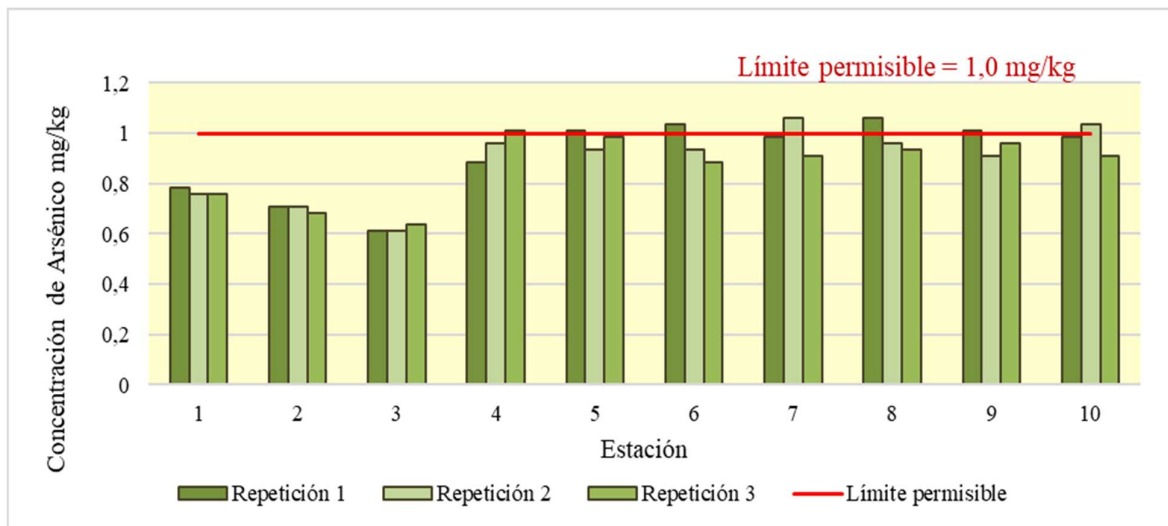
#### 4.1.1. Análisis descriptivo de resultados

A continuación, se muestran los resultados de los metales pesados obtenidos.

**Tabla 4.** Concentración de arsénico en camarones de Calango y Santa Cruz de Flores (*Cryphiops caementarius*) 2020.

| <i>Punto/Zona</i>              | <i>n</i> | <i>Concentración Arsénico</i><br><i>mg/kg</i> |                        | <i>Límite permisible = 1,0</i><br><i>mg/kg</i> |                 |
|--------------------------------|----------|---|------------------------|--|-----------------|
|                                |          | Media   | Desviación<br>estándar | % que no<br>supera                             | % que<br>supera |
| 1 zona de Santa Cruz de Flores | 3        | 0,768   | 0,014                  | 100,0  | 0,0             |
| 2 zona de Santa Cruz de Flores | 3        | 0,701   | 0,014                  | 100,0  | 0,0             |
| 3 zona de Santa Cruz de Flores | 3        | 0,618   | 0,014                  | 100,0  | 0,0             |
| 4 zona de Calango              | 3        | 0,951   | 0,063                  | 66,7   | 33,3            |
| 5 zona de Calango              | 3        | 0,976   | 0,038                  | 66,7   | 33,3            |
| 6 zona de Calango              | 3        | 0,951   | 0,076                  | 66,7   | 33,3            |
| 7 zona de Calango              | 3        | 0,985   | 0,075                  | 66,7   | 33,3            |
| 8 zona de Calango              | 3        | 0,985   | 0,066                  | 66,7   | 33,3            |
| 9 zona de Calango              | 3        | 0,960   | 0,050                  | 66,7   | 33,3            |
| 10 zona de Calango             | 3        | 0,976   | 0,063                  | 66,7   | 33,3            |
| Santa Cruz de Flores           | 9        | 0,696   | 0,066                  | 100,0  | 0,0             |
| Calango                        | 21       | 0,969   | 0,054                  | 66,7   | 33,3            |
| Total                          | 30       | 0,887   | 0,140                  | 76,7   | 23,3            |

La tabla N°4, indica que en total se consideraron 3 réplicas o repeticiones en cada uno de los 10 puntos de medición de la concentración de arsénico en camarones en las zonas de Calango y Santa Cruz de Flores. El mayor promedio obteniendo fue de 0,985 mg/kg en los puntos 7 y 8 con desviación estándar de  $\pm 0,075$  y  $\pm 0,066$  respectivamente; asimismo, el 33,3% de las repeticiones, en los puntos 4 al 10 sobrepasaron el límite permitido para la concentración de arsénico en camarones (1,0 mg/kg); al observar los resultados por zona, la de Calango es la que presentó una mayor concentración promedio de arsénico, alcanzando 0,969 mg/kg; por otro lado, la última fila muestra el promedio general, con lo cual podemos concluir que la concentración promedio de arsénico en camarones del río Mala (*Cryphiops caementarius*) en el 2020 fue de 0,887 mg/kg.



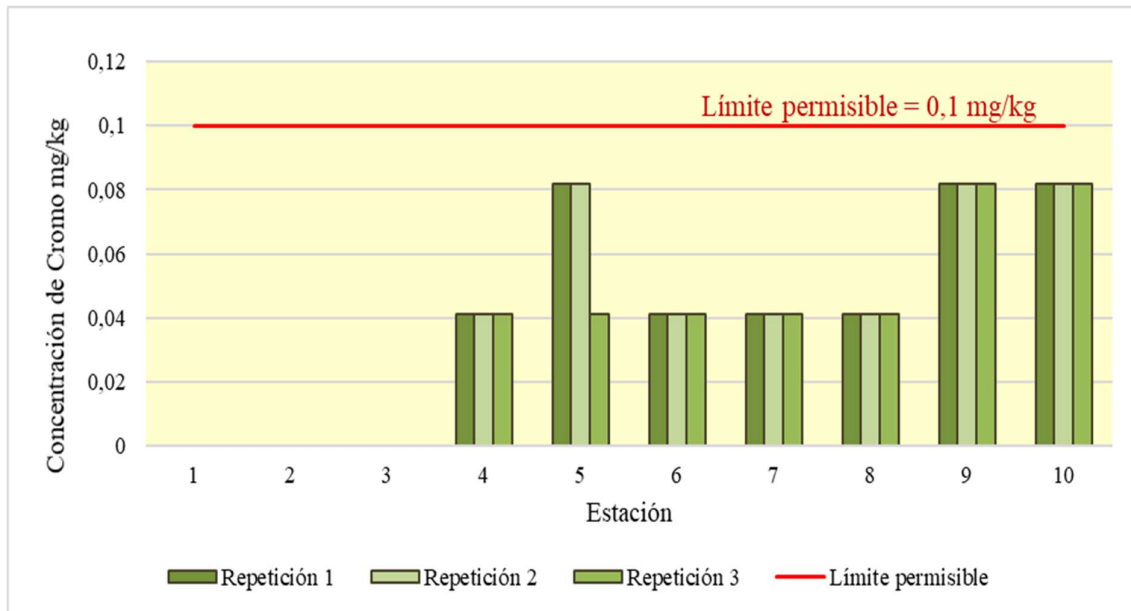
**Figura 15.** Distribución de la concentración de arsénico en camarones (*Cryphiops caementarius*) 2020 según estación, indica la concentración de arsénico en mg/Kg en los camarones versus las 10 estaciones de muestreo entre las zonas de Calango y Santa Cruz de Flores en Cañete, en donde solo el 23,3% de las repeticiones han sobrepasado el límite máximo permitido de 1,0 mg/kg para la concentración de arsénico en camarones.

**Tabla 5.** Concentración de cromo en camarones (*Cryphiops caementarius*) 2020.

| Punto/Zona                     | n  | Concentración Cromo<br>mg/kg |                        | Límite permisible = 0,1<br>mg/kg |                 |
|--------------------------------|----|------------------------------|------------------------|----------------------------------|-----------------|
|                                |    | Media                        | Desviación<br>estándar | % que no<br>supera               | % que<br>supera |
| 1 zona de Santa Cruz de Flores | 3  | 0,000                        | 0,000                  | 100,0                            | 0,0             |
| 2 zona de Santa Cruz de Flores | 3  | 0,000                        | 0,000                  | 100,0                            | 0,0             |
| 3 zona de Santa Cruz de Flores | 3  | 0,000                        | 0,000                  | 100,0                            | 0,0             |
| 4 zona de Calango              | 3  | 0,041                        | 0,000                  | 100,0                            | 0,0             |
| 5 zona de Calango              | 3  | 0,068                        | 0,024                  | 100,0                            | 0,0             |
| 6 zona de Calango              | 3  | 0,041                        | 0,000                  | 100,0                            | 0,0             |
| 7 zona de Calango              | 3  | 0,041                        | 0,000                  | 100,0                            | 0,0             |
| 8 zona de Calango              | 3  | 0,041                        | 0,000                  | 100,0                            | 0,0             |
| 9 zona de Calango              | 3  | 0,082                        | 0,000                  | 100,0                            | 0,0             |
| 10 zona de Calango             | 3  | 0,082                        | 0,000                  | 100,0                            | 0,0             |
| Santa Cruz de Flores           | 9  | 0,000                        | 0,000                  | 100,0                            | 0,0             |
| Calango                        | 21 | 0,057                        | 0,020                  | 100,0                            | 0,0             |
| Total                          | 30 | 0,040                        | 0,031                  | 100,0                            | 0,0             |

La Tabla N°5. Indica que se consideraron 3 réplicas o repeticiones, en cada uno de los 10 puntos de medición de la concentración de cromo en camarones en las zonas de Calango y Santa Cruz de Flores, el mayor promedio obtenido fue de 0,082 mg/kg en los puntos 9 y 10 con desviación estándar cero, es decir las repeticiones dieron el mismo valor; así mismo ninguna de las repeticiones en los 10 puntos sobrepasó el límite permitido para la concentración de cromo en camarones (0,1 mg/kg).; asimismo, observando los resultados por zona, la zona de Calango es la que presentó una mayor concentración promedio de cromo, alcanzando 0,057 mg/kg; por otro lado, la última fila muestra el promedio general, con lo que podemos concluir que la concentración promedio de cromo en camarones

(*Cryphiops caementarius*) en las zonas de Calango y Santa Cruz de Flores en el 2020 fue de 0,040 mg/kg.



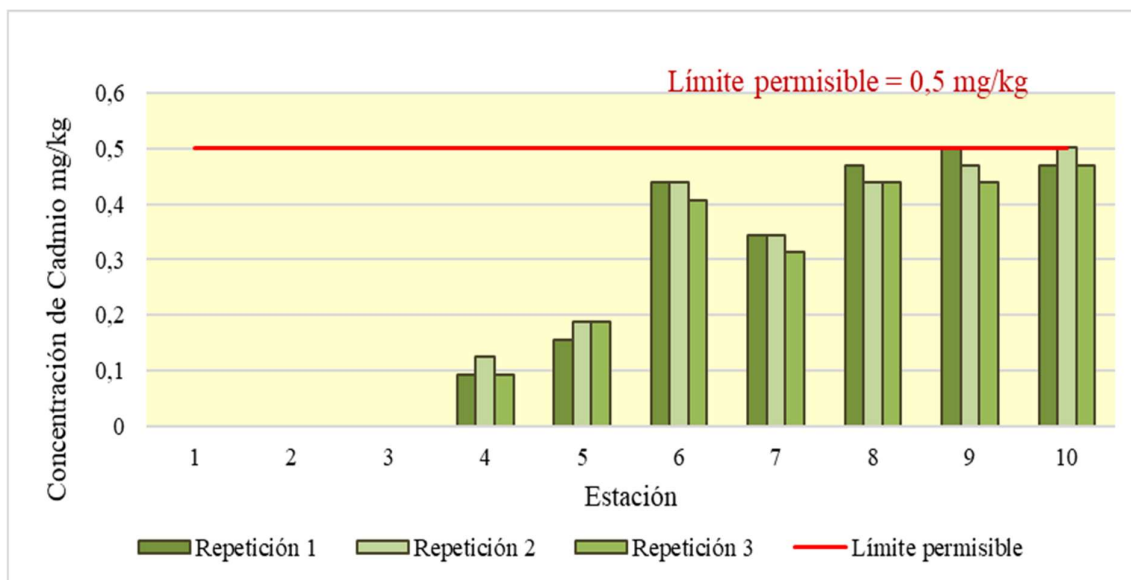
**Figura 16.** Distribución de la concentración de cromo en camarones (*Cryphiops caementarius*) 2020 según estación, nos indica la concentración de cromo en mg/Kg en los camarones versus las 10 estaciones de muestreo, entre las zonas de Calango y Santa Cruz de Flores en Cañete, en donde se evidencia que el 100% de las repeticiones no han sobrepasado el límite máximo permitido de 0,1 mg/kg para la concentración de cromo en camarones.



**Tabla 6.** Concentración de cadmio en camarones (*Cryphiops caementarius*) 2020.

| Punto/Zona                     | n  | Concentración Cadmio<br>mg/kg |                        | Límite permisible = 0,5<br>mg/kg |                 |
|--------------------------------|----|-------------------------------|------------------------|----------------------------------|-----------------|
|                                |    | Media                         | Desviación<br>estándar | % que no<br>supera               | % que<br>supera |
| 1 zona de Santa Cruz de Flores | 3  | 0,000                         | 0,000                  | 100,0                            | 0,0             |
| 2 zona de Santa Cruz de Flores | 3  | 0,000                         | 0,000                  | 100,0                            | 0,0             |
| 3 zona de Santa Cruz de Flores | 3  | 0,000                         | 0,000                  | 100,0                            | 0,0             |
| 4 zona de Calango              | 3  | 0,104                         | 0,018                  | 100,0                            | 0,0             |
| 5 zona de Calango              | 3  | 0,177                         | 0,018                  | 100,0                            | 0,0             |
| 6 zona de Calango              | 3  | 0,427                         | 0,018                  | 100,0                            | 0,0             |
| 7 zona de Calango              | 3  | 0,334                         | 0,018                  | 100,0                            | 0,0             |
| 8 zona de Calango              | 3  | 0,448                         | 0,018                  | 100,0                            | 0,0             |
| 9 zona de Calango              | 3  | 0,469                         | 0,031                  | 66,7                             | 33,3            |
| 10 zona de Calango             | 3  | 0,480                         | 0,018                  | 66,7                             | 33,3            |
| Santa Cruz de Flores           | 9  | 0,000                         | 0,000                  | 100,0                            | 0,0             |
| Calango                        | 21 | 0,349                         | 0,144                  | 90,5                             | 9,5             |
| Total                          | 30 | 0,244                         | 0,202                  | 93,3                             | 6,7             |

La Tabla N°6, indica que se consideraron 3 réplicas o repeticiones en cada uno de los 10 puntos de medición de la concentración de cadmio en camarones en las zonas de Calango y Santa Cruz de Flores, el mayor promedio obtenido fue de 0,480 mg/kg en el punto 10, con desviación estándar de  $\pm 0,018$ ; así mismo, el 33,3% de las repeticiones en los puntos 9 y 10 sobrepasaron el límite permitido para la concentración de cadmio en camarones (0,5mg/kg); por otro lado, se observan los resultados por zona, siendo la zona de Calango la que presentó una mayor concentración promedio de cadmio, alcanzando 0,349 mg/kg. En la última fila se muestra el promedio general, según la cual, podemos concluir que la concentración de cadmio en camarones (*Cryphiops caementarius*) en el 2020 fue de 0,244 mg/kg.

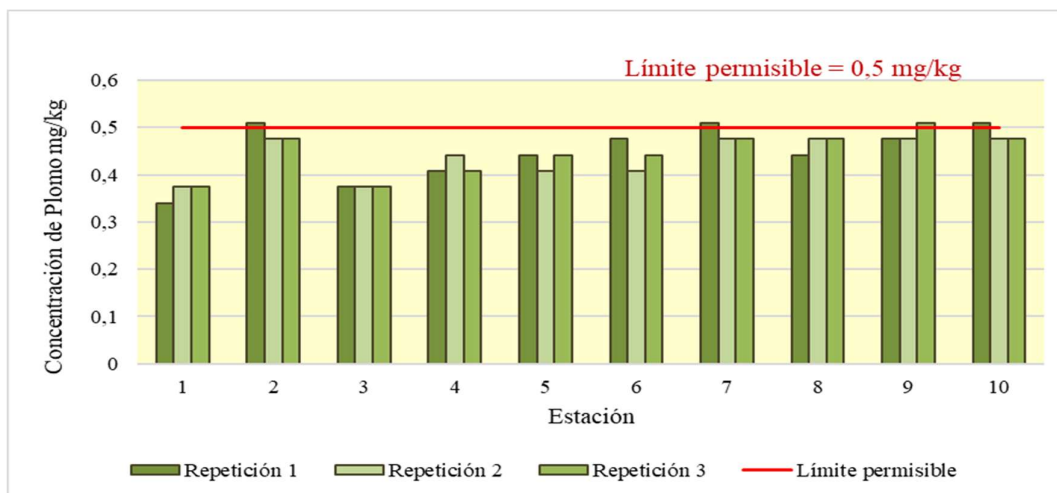


**Figura 17.** Distribución de la concentración de cadmio en camarones (*Cryphiops caementarius*) 2020 según estación, nos indica la concentración de cadmio en mg/Kg en los camarones versus las 10 estaciones de muestreo, entre las zonas de Calango y Santa Cruz de Flores en Cañete. Se evidencia que el 93,3% de las repeticiones no han sobrepasado el límite máximo permitido de 0,5 mg/kg para la concentración de cadmio en camarones.

**Tabla 7.** Concentración de plomo en camarones (*Cryphiops caementarius*) 2020.

| Punto/Zona                     | n  | Concentración Plomo<br>mg/kg |                        | Límite permisible = 0,5<br>mg/kg |                 |
|--------------------------------|----|------------------------------|------------------------|----------------------------------|-----------------|
|                                |    | Media                        | Desviación<br>estándar | % que no<br>supera               | % que<br>supera |
| 1 zona de Santa Cruz de Flores | 3  | 0,362                        | 0,020                  | 100,0                            | 0,0             |
| 2 zona de Santa Cruz de Flores | 3  | 0,487                        | 0,020                  | 66,7                             | 33,3            |
| 3 zona de Santa Cruz de Flores | 3  | 0,374                        | 0,000                  | 100,0                            | 0,0             |
| 4 zona de Calango              | 3  | 0,419                        | 0,020                  | 100,0                            | 0,0             |
| 5 zona de Calango              | 3  | 0,430                        | 0,020                  | 100,0                            | 0,0             |
| 6 zona de Calango              | 3  | 0,442                        | 0,034                  | 100,0                            | 0,0             |
| 7 zona de Calango              | 3  | 0,487                        | 0,020                  | 66,7                             | 33,3            |
| 8 zona de Calango              | 3  | 0,464                        | 0,020                  | 100,0                            | 0,0             |
| 9 zona de Calango              | 3  | 0,487                        | 0,020                  | 66,7                             | 33,3            |
| 10 zona de Calango             | 3  | 0,487                        | 0,020                  | 66,7                             | 33,3            |
| Santa Cruz de Flores           | 9  | 0,408                        | 0,061                  | 88,9                             | 11,1            |
| Calango                        | 21 | 0,459                        | 0,033                  | 85,7                             | 14,3            |
| Total                          | 30 | 0,444                        | 0,049                  | 86,7                             | 13,3            |

La Tabla N°7, indica que se consideraron 3 réplicas o repeticiones en cada uno de los 10 puntos de medición de la concentración de plomo en camarones en las zonas de Calango y Santa Cruz de Flores. El mayor promedio obtenido fue de 0,487 mg/kg en los puntos 2, 7, 9 y 10 con desviación estándar de  $\pm 0,020$ ; asimismo, en estos 4 puntos el 33,3% de las repeticiones sobrepasaron el límite permitido para la concentración de plomo en camarones (0,5 mg/kg); por otro lado, en los resultados por zona, la zona de Calango es la que presentó ligeramente una mayor concentración promedio de plomo, alcanzando 0,459 mg/kg; finalmente, la última fila muestra el promedio general, según la cual podemos concluir que la concentración promedio de plomo en camarones (*Cryphiops caementarius*) en el 2020 fue de 0,444 mg/kg.



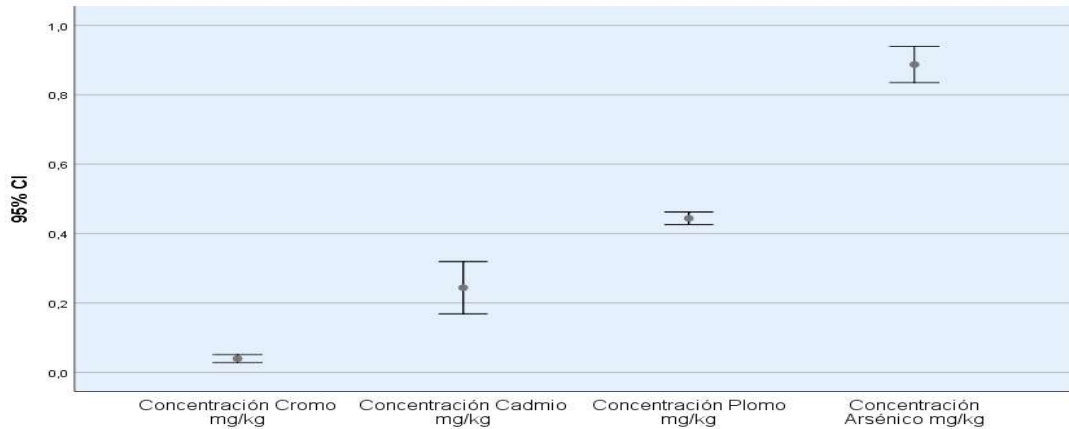
**Figura 18.** Distribución de la concentración de plomo en camarones (*Cryphiops caementarius*) 2020 según estación, nos indica la concentración de plomo en mg/Kg en los camarones versus las 10 estaciones de muestreo, entre las zonas de Calango y Santa Cruz de Flores en Cañete, en la misma se evidencia que en el 86,7% de las repeticiones no han sobrepasado el límite máximo permitido de 0,5 mg/kg para la concentración de plomo en camarones.

**Tabla 8.** Estimación de la concentración promedio de metales pesados en camarones (*Cryphiops caementarius*) 2020 mediante intervalos al 95% de confianza.

|                              | Gl     | 95% de intervalo de confianza para el promedio |          |        |
|------------------------------|--------|--|----------|--------|
|                              |        | Inferior                                       | Superior |        |
| Concentración cromo mg/kg    | 6,922  | 29   | 0,0279   | 0,0513 |
| Concentración cadmio mg/kg   | 6,617  | 29   | 0,1686   | 0,3194 |
| Concentración plomo mg/kg    | 49,812 | 29   | 0,4256   | 0,4620 |
| Concentración arsénico mg/kg | 34,813 | 29   | 0,8351   | 0,9393 |

La tabla 8, presenta la estimación o pronóstico para la concentración promedio de metales pesados en camarones del río Mala, de esta manera; por ejemplo, se estima que, a nivel de parámetro, el intervalo [0,8351; 0,9393] contiene la concentración promedio de arsénico en camarones del río Mala, con un nivel de seguridad o confianza del 95%, de igual manera el

intervalo de plomo, cadmio y cromo indican una concentración con nivel de confianza del 95%; la figura 19 ilustra estos resultados mediante un diagrama de barras de error.



**Figura 19.** Concentración promedio de metales pesados en camarones del río Mala (*Cryphiops caementarius*) 2020, ilustra mediante un diagrama de barras de error, las concentraciones promedio en mg/Kg, de los metales pesados, arsénico, cromo, cadmio y plomo en camarones, con un nivel de seguridad o confianza del 95%.

#### 4.1.2. Prueba de hipótesis

H1: Las concentraciones de arsénico, cromo, cadmio y plomo en los camarones (*Cryphiops caementarius*) de las zonas de Calango y Santa Cruz de Flores durante los meses de abril a octubre del 2020, sobrepasan los límites máximos permisibles dados por las normativas internacionales de la Legislación Brasileña y el *Codex Alimentarius* durante el 2020.

H0: Las concentraciones de arsénico, cromo, cadmio y plomo en los camarones (*Cryphiops caementarius*) de Calango y Santa Cruz de Flores durante los meses de abril a octubre del 2020 no sobrepasan los límites máximos permisibles,

dados por las normativas internacionales de la Legislación Brasileña y el *Codex Alimentarius* durante el 2020.

Criterio:

Si el p valor es menor que 0,05 se rechaza  $H_0$  y se acepta la  $H_1$ .

Si el p valor es mayor que 0,05 no se rechaza  $H_0$ .

**Tabla 9.** Prueba T de Student para una media.

|                              | Valor de prueba mg/kg | t       | gl | p (unilateral derecho) | Diferencia de medias |
|------------------------------|-----------------------|---------|----|------------------------|----------------------|
| Concentración cromo mg/kg    | 0,1                   | -10,556 | 29 | 1,000                  | -0,06040             |
| Concentración cadmio mg/kg   | 0,5                   | -6,943  | 29 | 1,000                  | -0,25601             |
| Concentración plomo mg/kg    | 0,5                   | -6,306  | 29 | 1,000                  | -0,05619             |
| Concentración arsénico mg/kg | 1,0                   | -4,427  | 29 | 1,000                  | -0,11281             |

La tabla 9, indica las concentraciones de valor de prueba en mg/Kg de arsénico, cromo, cadmio y plomo, con las diferencias de las medias de dichos metales en camarones del río Mala en las zonas de Calango y Santa Cruz de Flores en Cañete no superan los límites máximos permisibles.

#### 4.1.3. Discusión de resultados

El presente trabajo de investigación se orientó a la determinación de las concentraciones de arsénico, cadmio, cromo y plomo en camarones de río (*Cryphiops caementarius*) en las zonas de Calango y Santa Cruz de Flores durante los meses de abril a octubre del año 2020, en Cañete- Lima -Perú; se realizaron 10 puntos de toma de muestra en un trayecto del río Mala, ubicado entre las zonas de estudio indicadas, utilizándose para la determinación de estos metales, el método de espectrofotometría de absorción atómica con generador de hidruros. Los resultados de los análisis obtenidos de las concentraciones de los metales en este estudio han sido comparados con los límites máximos permisibles establecidos, por la Legislación Brasileña y el *Codex Alimentarius*.

En la tabla N° 4 se observa que en total se consideraron 3 repeticiones, por cada estación, de los 10 puntos, la concentración de arsénico en camarones en las zonas de Santa Cruz de Flores y Calango, el mayor promedio obtenido fue de 0,985 mg/kg en los puntos 7 y 8 de la zona de Calango, con una desviación estándar de  $\pm 0,075$  y  $\pm 0,066$  respectivamente; así mismo el 33,3% de los puntos en la zona de Calango sobrepasaron el límite máximo permitido de arsénico en camarones (1,0 mg/kg). En la zona de Santa Cruz de Flores se obtuvo promedio de 0,696 mg/Kg de arsénico, el cual es menor al límite máximo permitido. En la zona de Calango se obtuvo un valor promedio de 0,969 mg/Kg, menor al límite máximo permitido. Tal como se evidencia y se ilustra en la figura 15, solo el 23,3% de las repeticiones de todos los puntos, sobrepasan el límite máximo permitido para la concentración de arsénico en camarones, siendo el valor promedio de todos los puntos 0,887 mg/Kg que no supera el límite máximo permitido por la Legislación Brasileña (límite máximo permisible: 1 mg/Kg). Comparando con la investigación del año 2016 de Monroy (6), donde

determinó arsénico en camarones de río (*Cryphiops caementarius*) en los ríos Ocoña, Tambo y Majes-Camaná, obtuvo para el arsénico valores de 0,9 mg/Kg arsénico en el río Ocoña.

En la tabla N° 5, se indica que se consideraron 3 repeticiones, en cada uno de los 10 puntos de medida de la concentración de cromo en camarones, en la zona de Santa Cruz de Flores no se detectaron concentraciones del metal; pero en la zona de Calango, el mayor promedio obteniendo fue de 0,082 mg/kg en los puntos 9 y 10 correspondientes a la zona de Calango. Del total de las repeticiones en los 10 puntos, se obtuvo como promedio de 0,04 mg/Kg el cual no sobrepasó el límite máximo permitido para la concentración de cromo en camarones según la Legislación Brasileña (0,1 mg/kg); tal como se evidencia y se ilustra en la figura 16, el 100% de las repeticiones no sobrepasaron el límite máximo permitido para la concentración de cromo en camarones, cuyo valor promedio no supera el límite máximo permisible, establecido por la Legislación Brasileña (límite máximo permisible: 0,1 mg/Kg). En comparación con el estudio del 2016 de Monroy (6) en su estudio de investigación se determinó cromo en camarones de río (*Cryphiops caementarius*) en los ríos Ocoña, Tambo y Majes-Camaná; obteniéndose el valor de 0,9 mg/Kg en el río Ocoña; 0,7 mg/Kg en el río Tambo y 0,9 mg/Kg en el río Majes, se puede observar que los resultados obtenidos están en promedio de cromo de 0,040 mg/Kg.

En la tabla N°6 se consideraron 3 repeticiones en las 10 estaciones para la medida de la concentración de cadmio en camarones del río Mala entre las zonas de Calango y San Cruz de Flores, el mayor promedio obtenido fue en la zona de Calango con un valor de 0,480 mg/kg en el punto 10 con una desviación estándar de  $\pm 0,018$ ; así mismo, el 33,3% de las repeticiones en los puntos 9 y 10 sobrepasaron el límite máximo permitido para la concentración de cadmio en camarones según *Codex*



*Alimentarius* de 0,5 mg/kg. En la zona de Santa Cruz de Flores no se detectó concentraciones del metal. En la zona de Calango se obtuvo un valor promedio de 0,349 mg/Kg, menor al límite máximo permitido según *Codex Alimentarius* de 0,5 mg/kg. El 6,7% de las repeticiones sobrepasaron el límite máximo permitido para la concentración de cadmio en camarones, cuyo valor promedio 0,244 mg/Kg no supera el límite máximo permisible establecido por el *Codex Alimentarius* (límite máximo permisible: 0,5 mg/Kg). En comparación con el estudio del 2016 de Inga et al. (4) donde realizó la determinación de cadmio en langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao, resultó que la concentración promedio de cadmio fue de 0,42 mg/Kg. En nuestra investigación se obtuvo valor de concentración promedio de cadmio de 0,244 mg/kg, menor al estudio en comparación. Comparando el valor promedio de cadmio de nuestra investigación con la investigación de Vásquez (15) en el 2017, en “camarón” (*farfantepenaeus aztecus*) de la laguna madre, Tamaulipas en México, encontró valor máximo de cadmio 0,68 mg/Kg. En este estudio se obtuvo concentración de cadmio promedio de 0,244 mg/Kg, siendo un valor promedio menor al estudio en comparación.

En la tabla N°7 se consideraron 3 repeticiones en cada uno de los 10 puntos de medición de la concentración de plomo en camarones en las zonas de Calango y Santa Cruz de Flores, el mayor promedio obtenido fue 0,487 mg/kg en los puntos 2, 7, 9 y 10 con una desviación estándar de  $\pm 0,020$ ; así mismo en estos 4 puntos el 33,3% de las repeticiones sobrepasaron el límite permitido para la concentración de plomo en camarones establecido por el *Codex Alimentarius* (límite máximo permisible: 0,5 mg/Kg). En la zona de Santa Cruz de Flores se obtuvo un promedio de 0,408 mg/Kg, el cual es menor al límite máximo permitido por el *Codex*

*Alimentarius* (límite máximo permisible: mite de 0,5 mg/Kg) ; en la zona de Calango se obtuvo un promedio de plomo de 0,459 mg/kg. En la figura 18 se puede observar que el 13,3% del total de las repeticiones sobrepasaron el límite máximo permitido para la concentración de plomo en camarones, cuyo valor promedio 0,444 mg/Kg no supera el límite máximo permisible establecido por el *Codex Alimentarius* (límite máximo permisible: 0,5 mg/Kg). Comparando nuestro estudio con el de Inga et. al (4) en el año 2016, quienes realizaron determinación de plomo, en langostinos (*Litopenaeus vannamei*) del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao, en donde se obtuvo una concentración promedio de 0,50 mg/Kg, se aprecia una similitud con nuestro resultado del valor promedio que fue de 0,444 mg/Kg,. Comparando nuestro valor promedio de plomo de 0,444 mg/Kg con los valores obtenidos en la investigación de Vásquez (15) en el año 2017 en su estudio de metales pesados en “camarón” (*farfantepenaeus aztecus*) de la laguna madre, Tamaulipas en México, donde se encontró valores de plomo máximos de 0,95 mg/Kg.

En la tabla 9 se observa que en el caso de los 4 metales pesados cromo cadmio, plomo y arsénico, luego de comparar la concentración promedio versus los límites máximos permisibles, se encontró diferencias negativas y un valor de “p” mayor que 0,05; por tanto, no se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ ; es decir se concluye que los valores promedio de los metales pesados en camarones de la zona de Calango y Santa Cruz de Flores, no superan los límites máximo permitidos establecidos por la Legislación Brasileña (arsénico límite máximo permisible: 1,0 mg/Kg, cromo límite máximo permisible: 0,1 mg/Kg ) y el *Codex Alimentarius* (plomo límite máximo permisible:0,5 mg/Kg y cadmio límite máximo permisible:0,5 mg/Kg ). Estos resultados pueden inferir que en la zona de estudio de Calango es un área donde

existe mayor actividad agrícola, influencia de remanente de pasivos mineros, pesca camaronera y actividad humana (aguas servidas). Asimismo, cabe mencionar la época en que se realizó el muestreo, estando en ese momento en emergencia sanitaria por la presencia del Covid-19, donde la situación de las actividades normales en las zonas de estudio se vio afectadas por su restricción.

## CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

- Se determinó la concentración de arsénico, cromo, cadmio y plomo, de muestras de camarones de las zonas de Calango y Santa Cruz de Flores, resultando valores variables, con diferencias de media, que no superan los límites máximos permisibles establecidos.
- El 23,3% de las muestras de camarones de las zonas de Calango y Santa Cruz de Flores, contienen concentraciones de arsénico que superan los límites máximos permisibles, pero el promedio del total de sus concentraciones es de 0,887 mg/Kg, con una cifra extrema máxima de 0,985 mg/Kg y mínima de 0,618 mg/Kg, que no superan, lo establecido por la Legislación Brasileña.
- El 100 % de las muestras de camarones de las zonas de Calango y Santa Cruz de Flores, no sobrepasaron los límites máximos permisibles. Se obtuvo una concentración promedio de cromo de 0,040 mg/Kg, con una cifra extrema máxima de 0,082 mg/Kg y mínima de 0,0 mg/Kg, las cuales no superan, lo establecido por la Legislación Brasileña.
- El 6,7% de las muestras de camarones de las zonas de Calango y Santa Cruz de Flores, contienen concentraciones de cadmio que superan los límites máximos permisibles, pero el promedio total de las concentraciones de cadmio fue 0,244

mg/Kg, con una cifra extrema máxima de 0,480 mg/Kg y mínima de 0,0 mg/Kg, lo que no supera lo establecido por el *Codex Alimentarius*.

- En el 13,3% de las muestras de camarones de las zonas de Calango y Santa Cruz de Flores, contienen concentraciones de plomo que superan los límites máximos permisibles, pero el promedio total de las concentraciones es de 0,444 mg/Kg, con una cifra extrema máxima de 0,487 mg/Kg y mínimas de 0,362 mg/Kg. El promedio del total de las concentraciones de plomo no supera lo establecido por el *Codex Alimentarius*.

## **5.2. Recomendaciones**

- Es recomendable que se lleve a cabo estudios posteriores adicionales de investigación de metales pesados arsénico, cadmio, cromo, plomo en periodos regulares, cuando las empresas estén en completo funcionamiento para de esa manera conocer el nivel de concentración de estos metales pesados en camarones en las zonas de Calango y Santa Cruz de Flores.
- Se recomienda realizar más estudios de metales pesados de otros elementos que puedan causar problemas de salud a los consumidores.
- Se recomienda realizar un mayor muestreo en diferentes meses, los que brindarán más información sobre la tendencia de la concentración de los metales evaluados, después de un periodo de veda.
- Sería interesante e importante realizar entrevistas a los pobladores de dichas zonas para conocer el grado, el tiempo de consumo y si presentan alguna molestia en el común de los consumidores.

## Referencias bibliográficas

1. Gómez-Duarte O. Contaminación de agua en países de bajos y medianos recursos es un problema de salud pública global. Rev. Fac. Med [Internet]. 2018 [citado 21 de agosto de 2022]; 66(1):7-8. Disponible en:  
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/revfacmed/article/view/70775>
2. Mendoza-Cano O, Sánchez-Piña RA, Barrón-Quintana J, Cuevas-Arellano HB, Escalante-Minakata P, Solano-Barajas R. Riesgos potenciales de salud por consumo de agua con arsénico en Colima, México. Salud Publica Mex [Internet]. 2017 [citado 21 de agosto de 2022];59(1):34. Disponible en:  
<http://www.saludpublica.mx/index.php/spm/article/view/8413>
3. Pazmiño M. Determinación de la concentración de metales en sedimentos de seis ríos de la provincia Pichincha [Internet] [Tesis de Licenciatura ]. [Quito]: Universidad San Francisco de Quito; 2018. Disponible en:  
<https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/7457/1/138752.pdf>
4. Inga M, Miraya S. Determinación de cadmio, mercurio y plomo en Langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero de villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao durante el periodo marzo-abril 2016 [Internet] [Tesis de Licenciatura]. [Lima]: Universidad Wiener; 2017. Disponible en:  
<http://repositorio.uwiener.edu.pe/bitstream/handle/123456789/568/titulo%20-%20inga%20reyes%20mariluz%20janet.pdf>
5. Llerena TM, Mendiola SP. Concentración de mercurio en productos hidrobiológicos de mayor consumo en la población escolar de las Instituciones Educativas de Moliendo, Arequipa [Internet] [Tesis de licenciatura]. [Arequipa]: Universidad nacional de San Agustín de Arequipa; 2019. Disponible en:  
<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/9116/CNllantm%26merasp.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

6. Monroy CR. Niveles de metales pesados cromo, arsénico, plomo y mercurio en Cefalotorax de *Cryphiops caementarius* (camarón) en los ríos. Ocoña, Majes y Tambo Arequipa 2016 [Internet] [Tesis de titulación]. [Arequipa]: Universidad Católica de Santa María; 2018. Disponible en:  
<http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/UCSM/7843/65.1579.FB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
7. Veliz KE. Estudio sobre *Cryphiops Caementarius* (camarón) como bioindicador del contenido de metales pesados del río Majes de la provincia de Castilla. [Tesis de Licenciatura]. [Arequipa]: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa; 2017. Disponible en:  
<http://190.119.145.154/bitstream/handle/UNSA/2573/Quveamke.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
8. Quevedo RR. Estudio de las Características de Hábitat Asociadas a la Presencia de *Cryphiops caementarius* (Camarón de río) en el río Ocoña, y medidas para conservar este recurso, Arequipa 2016 [Tesis de Maestría]. [Arequipa]: Universidad nacional de San Agustín; 2017. Disponible en:  
  
<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/6019/FSMqumerr.pdf?sequence=1>
9. Rodríguez A, Pernía B, Ramírez-Prado N, Bravo K, Ramírez L, Larreta E, et al. Concentración de cadmio en agua, sedimentos, *Eichhornia crassipes* y *Pomacea canaliculata* en el río Guayas (ECUADOR) y sus afluentes. *Rev. Int. Contam. Ambie.* [Internet]. 2019; 35(3):623-40. [Citado 21 de agosto de 2022] Disponible en:  
<https://www.revistascca.unam.mx/rca/index.php/rca/article/view/RICA.2019.35.03.09/46875>
10. Rodriguez A, Cuéllar L, Cantillo G, Suardiaz ME. Efectos nocivos del plomo para la salud del hombre. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas.* [Internet]. 2016;35(3):251-71. [Citado 25 de junio de 2022]. Disponible en:  
<https://www.medigraphic.com/pdfs/revcubinbio/cib-2016/cib163f.pdf>
11. Barrantes E. La realidad del agua en la cuenca del Jequetepeque y del Perú [Internet]. 2016 [citado 25 de junio de 2022]. Disponible en:  
<https://grufides.org/blog/edilberto-barrantes-la-realidad-del-agua-en-la-cuenca-del-jequetepeque-y-del>

12. Ortega E, Cotrina M, Valdivieso G, Sales F, García E, Ordoñez ES. Bioacumulación de metales pesados en tres especies de peces bentónicos del río Monzón, región Huánuco. Facultad de Ingeniería en Industrias alimentarias. *rebiol* [Internet]. 2020; 40(1):69-78. [Citado 21 de enero de 2021] Disponible en:  
<http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/faccbciol/article/view/2997>
13. Espinoza D, Falero S. Niveles de mercurio, cadmio, plomo y arsénico en peces del río Tumbes y riesgos para salud humana por su consumo. *Rev del Instituto de Investigación (RIIGEO), FIGMMG-UNMSM* [Internet]. diciembre de 2015;18(36):35-41. [Citado 20 de noviembre de 2021]. Disponible en:  
<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/12016/10738>
14. Barraza M, Recavarren M, Sanzano P. Análisis cuantitativo de metales pesados en pescados para exportación a la Unión Europea. 2018 [Tesis de Licenciatura]. Buenos Aires: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires; 2018. Disponible en:  
<https://www.ridaa.unicen.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/1759/Barraza%2C%20Mart%C3%ADn%20Horacio%20Emmanuel.PDF?sequence=1>
15. Vázquez-Sauceda M, Pérez-Arriaga E, Benavides-González F, Blanco-Martínez Z, Hernández-Contreras S. Metales pesados (Pb, Cd, Hg) en el Camarón *Farfantepenaeus aztecus* de la Laguna Madre, Tamaulipas y el riesgo a la salud pública. *Instituto Tecnológico de CD Victoria* [Internet]. 2017;14(2):19-25. [Citado 21 de enero de 2021]. Disponible en:  
<https://www.itvictoria.edu.mx/investigacion/tecnointelecto/TecnoINTELECTO-Vol%2014-2-2017-FINAL-24ABR-2018.pdf#page=21>
16. Senior W, Cornejo-Rodriguez M, Tobar J, Ramírez-Muñoz M, Marquez A. Metales pesados (cadmio, plomo, mercurio) y arsénico en pescados congelados de elevado consumo en el Ecuador. *Zootecnia tropical*. 2016;34(2):143-53. [Citado 21 de enero de 2021]. Disponible en:  
[https://www.researchgate.net/publication/324161724\\_Metales\\_pesados\\_cadmio\\_plomo\\_mercurio\\_y\\_arsenico\\_en\\_pescados\\_congelados\\_de\\_elevado\\_consumo\\_en\\_el\\_Ecuador](https://www.researchgate.net/publication/324161724_Metales_pesados_cadmio_plomo_mercurio_y_arsenico_en_pescados_congelados_de_elevado_consumo_en_el_Ecuador)
17. Pajaro DM, Sánchez PA. Evaluación de las concentraciones de metales pesados (Cd y Pb) en especies ícticas comercializadas en la plaza del pescado de la ciudad de Barranquilla y riesgo potencial para la salud humana [Tesis de Licenciatura]. [Barranquilla]: Universidad de la Costa - CUC; 2016. Disponible en:



<https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/683/1048214910%20Y%201140868956%20Trabajo%20de%20grado%20Evaluaci%C3%B3n%20de%20metales%20pesados.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

18. Aguilar-Ucán C, Montalvo-Romero C, Cerón-Bretón J, Anguebes-Fransesch F. Niveles de Metales pesados en especies marinas: Ostión(*Crassostrea virginica*), Jaiba (*Callinectes sapidus*) y Camarón (*Litopenaeus setiferus*), de Ciudad del Carmen, Campeche, México. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales* [Internet]. 2014;10(1):9-17. [Citado 21 de enero de 2021]. Disponible en:  
<https://revista.itson.edu.mx/index.php/rlrn/article/download/227/163>
19. Instituto de Recursos Hídricos (INRENA). Evaluación de los recursos hídricos de la cuenca del río Mala - Estudio hidrológico [Internet]. Mala; 2007. Disponible en:  
[https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/estudio\\_hidrologico\\_mala\\_0\\_0.pdf](https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/estudio_hidrologico_mala_0_0.pdf)
20. Herrera Delgado A, Heredia Quispe EG. Determinación de los niveles de concentración de metales pesados en la Cuenca Mashcón - Cajamarca en los meses de Setiembre y Diciembre, 2016 [Internet] [Tesis de licenciatura]. [Lambayeque]: Universidad de Lambayeque; 2017. Disponible en:  
<https://repositorio.udl.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/UDL/108/TESIS%20-%20Det.%20Metales%20Pesados-Cajamarca-2017.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
21. Delgado R, Rivera O, Torres I, Corral A, Flores M, Santana L. Determinación de cadmio, cromo, plomo y arsénico en suelos superficiales urbanos de Ciudad Juárez, Chihuahua, México. *Culcyt//Medio Ambiente* [Internet]. 2015; 11(54):189-207. [Citado 21 de agosto de 2022] Disponible en:  
<http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/download/890/841>
22. Ortiz N. Evaluación de elementos ecotóxicos en sedimento, agua y *Cryphiops Caementarius* (camarón) en el Río Tambo [Internet] [Tesis de Licenciatura]. [Arequipa]: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa; 2018. Disponible en:  
<http://190.119.145.154/bitstream/handle/UNSA/7291/QUormanp.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
23. Bautista CA. Evaluación del contenido de metales pesados en carne y tejido óseo de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) producidos en el centro poblado de Paccho Molinos, Paucará-Huancavelica [Internet] [Tesis de Licenciatura]. [Huancavelica]: Universidad Nacional de Huancavelica; 2018. Disponible en:

- <http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/3097/tesis-2018-ing.%20agroindustrial-bautista%20trillo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
24. Siguenza JD. Determinación de metales pesados, arsénico, cadmio, y plomo en conchas prieta (*Anadara tuberculosa*), extraídos de la desembocadura del río Pital [Tesis de Maestría]. Ecuador: Universidad del Azuay; 2016. Disponible en: <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/5598/1/11927.pdf>
  25. Medina-Pizzali M, Robles P, Mendoza M, Torres C. Ingesta de arsénico: el impacto en la alimentación y la salud humana. *Rev Peru Med Exp Salud Publica* [Internet]. 5 de abril de 2018 [citado 21 de enero de 2021];35(1):93. [Citado 21 de enero de 2021]. Disponible en: <https://rpmesp.ins.gob.pe/index.php/rpmesp/article/view/3604>
  26. De la Rosa Hernández PM. Efectos Toxicológicos: Arsenico. Beyond the word in the criminal evaluation *Visión Criminológica-Criminalística* [Internet]. 2018;6(24):36-43. Disponible:[https://revista.cleu.edu.mx/new/descargas/1901/articulos/Articulo10\\_Efectos\\_Toxicologicos\\_Arsenico.pdf](https://revista.cleu.edu.mx/new/descargas/1901/articulos/Articulo10_Efectos_Toxicologicos_Arsenico.pdf)
  27. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR). Resumen de salud pública Cromo [Internet]. 2012 Setiembre. Disponible en: [https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs7.pdf](https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs7.pdf)
  28. Pinto BS, Luque JC, Valverde GR, Salazar RJ, Fuentes JP, Salas JV. Estudio de la contaminación por cromo (Cr) en el río chili y parque industrial de río seco (PIRS), Arequipa-Perú 2015-2016. *Veritas* [Internet]. 2017;16(1):43-6. [Citado 21 de agosto de 2022] Disponible en: <https://revistas.ucsm.edu.pe/ojs/index.php/veritas/article/download/82/88>
  29. Cuberos E, Rodriguez AI, Prieto E. Niveles de cromo y alteraciones de salud en una población expuesta a las actividades de curtiembres en Bogotá, Colombia. *Revista de salud pública* [Internet]. 2009;11(2):278-89. [Citado 23 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://www.scielo.org/pdf/rsap/v11n2/v11n2a12.pdf>
  30. Quispe J, Soria JB. Determinación de plomo, cromo y cadmio en témperas de uso escolar comercializadas en la galería “El Portal de Andahuaylas” del Centro de Lima [Internet] [Tesis titulación]. [Lima]: Universidad Weiner; 2012. Disponible en: [https://repositorio.uwiener.edu.pe:8443/xmlui/bitstream/handle/123456789/65/001%20EAP%20Farmacia%20Y%20Bioquimica%20Quispe\\_Selarayan\\_%20Jessica\\_%26\\_Soria\\_Cruz\\_Jessica\\_%20Determinacion\\_%20Farmacia.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uwiener.edu.pe:8443/xmlui/bitstream/handle/123456789/65/001%20EAP%20Farmacia%20Y%20Bioquimica%20Quispe_Selarayan_%20Jessica_%26_Soria_Cruz_Jessica_%20Determinacion_%20Farmacia.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
  31. Londoño-Franco LF, Londoño-Muñoz PT, Muñoz-García FG. Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Biotecnología en el Sector*

- Agropecuario y Agroindustrial: BSAA [Internet]. 2016 [citado 22 de agosto de 2022];14(2):145-53. Disponible en:  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6117865>
32. Ramírez A. Toxicología del cadmio. Conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos. An Fac med [Internet]. 13 de marzo de 2013 [citado 23 de agosto de 2022];63(1):51. Disponible en:  
<http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/anales/article/view/1477>
33. Raraz Palpán EA. Determinación química toxicológica de plomo y cadmio en agua para consumo humano proveniente de los reservorios de la zona de San Juan Pampa– distrito de Yanacancha–Pasco [Internet] [Tesis de titulación]. [Lima]: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2015. Disponible en:  
[https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/4449/Raraz\\_pe.pdf?sequence=1](https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/4449/Raraz_pe.pdf?sequence=1)
34. Mazuelos Alfaro HJ, Albornoz Reyes WJ. Determinación de arsénico, cadmio y plomo en nueces, almendras y manís comercializados en el mercado de Caquetá de febrero – julio 2019 [Internet]. [Lima]: Universidad Norbert Wiener; 2019. Disponible en:  
[https://repositorio.uwiener.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/123456789/4560/T061\\_46143009\\_44842783\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uwiener.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/123456789/4560/T061_46143009_44842783_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
35. Londoño-Franco LF, Londoño-Muñoz PT, Muñoz-García FG. Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial. 2016;14(2):145-53.
36. Pérez PE, Azcona MI. Los efectos del cadmio en la salud. Rev Esp Méd Quir [Internet]. 2012;17(3). Disponible en:  
<https://www.redalyc.org/pdf/473/47324564010.pdf>
37. Valdivia M. Intoxicación por plomo. Revista de la Sociedad Peruana de Medicina Interna [Internet]. 2005;18(1):22-7. Disponible en:  
<http://www.scielo.org.pe/pdf/rspmi/v18n1/a05v18n1>
38. Márquez Estévez C. Biomonitorización de cadmio, cromo, manganeso, níquel y plomo en muestras de sangre total, orina, vello axilar y saliva en una población laboral expuesta a metales pesados [Internet] [Tesis doctorado]. [Granada]: Universidad de

- Granada; 2013.  
Disponible:<https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/26354/2155254x.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
39. Rubio C, Gutiérrez A, Izquierdo R, Revert C, Lozano G, Hardisson A. El plomo como contaminante alimentario. *Revista de toxicología* [Internet]. 2004;21(2-3):72-80. [Citado 21 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/919/91921303.pdf>
  40. Jorge Panduro CB. Bioacumulación de cadmio y plomo en la especie *hypostomus oculeus* (carachama) del río Huallaga, Tingo María [Internet] [Tesis de bachiller]. [Tingo María]: Universidad Nacional Agraria de la Selva; 2019. Disponible en: [https://web2.unas.edu.pe/sites/default/files/web/archivos/actividades\\_academicas/Bioacumulacion%20de%20cadmio%20Y%20plomo%20en%20la%20especie%20Hypostomus%20oculeus%28carachama%29%20del%20R%C3%8DO%20Huallaga%2C%20Tingo%20Maria.pdf](https://web2.unas.edu.pe/sites/default/files/web/archivos/actividades_academicas/Bioacumulacion%20de%20cadmio%20Y%20plomo%20en%20la%20especie%20Hypostomus%20oculeus%28carachama%29%20del%20R%C3%8DO%20Huallaga%2C%20Tingo%20Maria.pdf)
  41. Narváez Jaramillo ME, Pozo Hernández CE, Alonzo Pico OM. Intoxicación por plomo y efectos neurocomportamentales en la asociación de carpinteros ciudad de Túcán, 2018. *Revista Universidad y Sociedad*. [Internet]. 2020;12(5):431-7. [Citado 21 de agosto de 2022]. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2218-36202020000500431](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2218-36202020000500431)
  42. Nava-Ruiz C, Méndez-Armenta M. Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio). *Archivos de Neurociencias*. [Internet]. 2011;16(3):140-7. [Citado 21 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/arcneu/ane-2011/ane113f.pdf>.
  43. Normas legales. Decreto Supremo N°004-2017-MINAN. Diario oficial del Bicentenario. Año XXXIV-N°14101. *El Peruano*. 7 de junio de 2017. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>
  44. Codex alimentarius. Normas Internaciones de los Alimentos [Internet]. [Citado 20 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/es/>.
  45. Ley General de Ambiente. l artículo 31° de la Ley N° 28611 [Internet]. Disponible en: [https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/ley\\_n-28611.pdf](https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/ley_n-28611.pdf)
  46. MINSA. Norma Técnica de Salud que establece la Vigilancia Epidemiológica en Salud Publica de Factores de Riesgo por exposición e intoxicación por metales

- pesados y Metaloides, RM N° 006 – 2015 [Internet]. Lima; Disponible en: <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/3477.pdf>
47. Atomic Absorption Spectrometry Methods Manual. Thermo Scientific. Issue 4 (08/04) United Kingdom. 2008.
  48. Ortiz Zamudio RJ. Análisis químico de minerales para la exploración, explotación y proceso de lixiviación de la compañía Minera ARES SAC [Internet]. [Lima]: Universidad Nacional de Ingeniería; 2015. Disponible en: [https://www.academia.edu/download/57498840/ortiz\\_zr.pdf](https://www.academia.edu/download/57498840/ortiz_zr.pdf)
  49. Skoog D., Holler J., Crouch S. Principios de análisis instrumental. 6ta. ed. Madrid: Cengage Learning; 2008. [citado 21 de agosto de 2022]. Disponible en : [https://www.academia.edu/43268766/Principios\\_de\\_an%C3%A1lisis\\_instrumental\\_Skoog\\_Douglas\\_A\\_Holler\\_F\\_James\\_Crouch\\_Stanley\\_R\\_Sexta\\_Edici%C3%B3n\\_Cengage\\_Learning\\_Editores\\_2008\\_M%C3%A9xico](https://www.academia.edu/43268766/Principios_de_an%C3%A1lisis_instrumental_Skoog_Douglas_A_Holler_F_James_Crouch_Stanley_R_Sexta_Edici%C3%B3n_Cengage_Learning_Editores_2008_M%C3%A9xico)
  50. Baird R., Eaton A. y Rice E. Standard methods for the examination of water and wastewater. 23<sup>rd</sup> ed. Washintong, APHA,AWWA,WEF; 2017.
  51. Method 7062 antimony and arsenic (atomic absorption, borohydride reduction) [Internet]. 1994. Disponible en: <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-12/documents/7062.pdf>

## ANEXOS

### Anexo1: Matriz de consistencia

| Planteamiento de Problema  | Objetivos   | Hipótesis  | Justificación   | Variable   | Tipo de Variables | Metodología   |
|--|---|--|---|--|-------------------|---|
| <p>Problema General</p> <p>¿Cómo determinar la concentración de arsénico, cromo, cadmio y plomo en camarones (<i>Cryphiops caementarius</i>) de Calango y Santa Cruz de Flores, durante los meses de abril a octubre del 2020?</p> | <p>Objetivo General</p> <p>Determinar la concentración de arsénico, cromo, cadmio y plomo en camarones (<i>Cryphiops caementarius</i>) de Calango y Santa Cruz de Flores, durante los meses de abril a octubre del 2020.</p> <p>Objetivos Específicos:</p> <p>Determinar si las concentraciones de arsénico, no superan los límites máximos permisibles establecidos por la Legislación Brasileña.</p> <p>Determinar si las concentraciones de cromo, no superan los límites máximos permisibles establecidos por la Legislación Brasileña.</p> <p>Determinar si las concentraciones de cadmio, no superan los límites máximos permisibles establecidos por el <i>Codex Alimentarius</i></p> <p>Determinar si las concentraciones de plomo, no superan los límites máximos permisibles establecidos por el <i>Codex Alimentarius</i>.</p> | <p>Hipótesis de Investigación (H1)</p> <p>Las concentraciones de arsénico, cromo, cadmio y plomo en los camarones (<i>Cryphiops caementarius</i>) de las zonas de Calango y Santa Cruz de Flores, durante los meses de abril a octubre del 2020, sobrepasan los límites máximos permisibles dados por las normativas internacionales de la Legislación Brasileña y el <i>Codex Alimentarius</i>, por lo tanto, incide en la salud de sus pobladores que lo consumen</p> <p>Hipótesis Nula (H0):</p> <p>Las concentraciones de arsénico, cromo, cadmio y plomo en los camarones (<i>Cryphiops caementarius</i>) del río Mala, de las zonas de Calango y Santa Cruz de Flores, durante los meses de abril a octubre del 2020 en Cañete- Lima – Perú, no sobrepasan los límites máximos permisibles dados por las normativas internacionales de la Legislación Brasileña y el <i>Codex Alimentarius</i>, por lo tanto, no incide en la Salud de sus pobladores que lo consumen.</p> | <p>Las aguas residuales de origen urbano, industrial y agropecuaria son vertidas al río Mala en sus diferentes puntos de trayecto y hacen que estén contaminadas de diferentes sustancias químicas entre ellos los metales pesados. Y al existir captura y consumo de camarones de río durante todo el año, en estas zonas de Calango y Santa cruz de Flores hace necesario evaluar si las concentraciones de arsénico, cadmio, cromo y plomo sobrepasan los límites máximos permisibles dadas las normativas internacionales de la Legislación Brasileña y el <i>Codex Alimentarius</i>.</p> | <p>Independiente</p> <p>Los Camarones (<i>Cryphiops caementarius</i>) del río Mala de Calango y Santa Cruz de Flores en Cañete, Lima-Perú.</p> <p>Dependiente:</p> <p>La concentración de arsénico, cromo, cadmio y plomo.</p> | Cuantitativa      | <p>La Espectrometría de Absorción Atómica de Llama (AAS) para la determinación de plomo, cromo y cadmio.</p> <p>El acoplamiento de un generador de hidruros al espectrómetro de absorción atómica (GH-AAS) para la determinación de arsénico.</p> |

## Anexo 2: Fotos

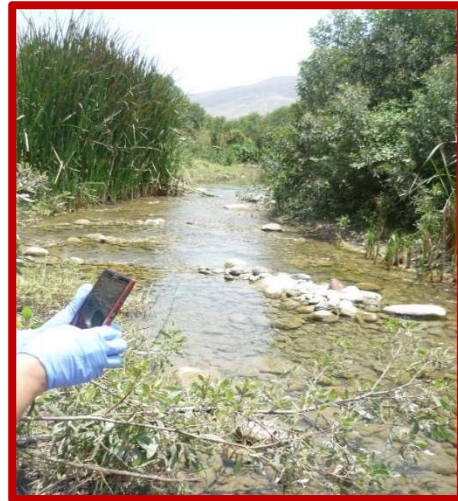
Llegando a las zonas de muestreo e identificando los puntos a muestrear.

zona de muestreo del Río Mala



Con el GPS, Ubicando los puntos de muestreo.

### Ubicando los puntos de muestreo



### Recolectando las muestras de camarón





**Las muestras se colocaron en un cooler para su traslado al laboratorio y en bolsas herméticas.**



**En las instalaciones de Laboratorios Analíticos J y R S.A.C.**



Aproximadamente el tamaño de las muestras de los camarones extraídos para el análisis fueron de 8 a 12cm



Preparación de las muestras de “camarón” para digestión.



Se coloca la muestra en la estufa para secarla.



Muestras secas:



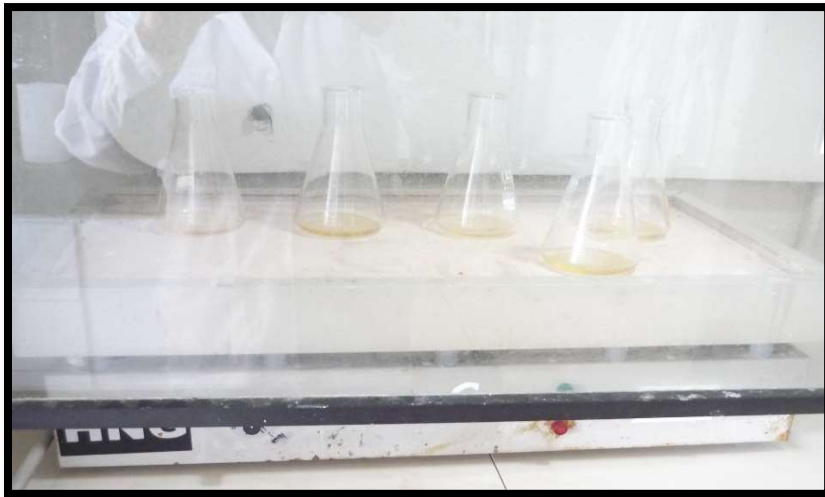
Pesada de las muestras en los matraces de digestión



**Preparando la muestra para digerir.**



**Digestando la muestra**



**Lectura en el equipo de Absorción Atómica –**



**Generador de Hidruros**

## Anexo 3: Certificado de Verificación del espectrofotómetro usado

|   |   |   |
|---|---|---|
| <br>RESEARCH<br>PARTNERS<br>ASSOCIATES   | <br>CONSTRUIMOS<br>SOLUCIONES<br>INTEGRALES        |   |
| <h3>CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN OPERACIONAL</h3>  |   |   |
| <p>Declaración obtenida del resultado de la verificación operacional del Espectrofotómetro de Absorción Atómica Solaar ICE 3300 de Thermo Scientific (antes Thermo Electrón).</p> |   |   |
| <p>Cliente: LABORATORIOS J Y R SAC<br/>Dirección: Av. Conquistadores 850 3er piso – San Isidro<br/>Teléfono: 221-9161<br/>Dirigido a: Dr. René Mayo Perez.</p>                    |   |   |
| <p><b>Equipamiento instalado:</b></p>   |   |   |
| Espectrofotómetro AA  | Modelo<br>ICE 3300  | Número de serie<br>C093300043   |
| Software de Control Solaar  | Versión<br>11.02  |   |
| <p>La Verificación Operacional del espectrofotómetro AA Solaar ICE 3300 Thermo Scientific <b>fue superada satisfactoriamente</b>.</p>   |   |   |
| <p>Se concluye entonces que el Espectrofotómetro AA Solaar ICE 3300 de Thermo Scientific cumple con las especificaciones técnicas de fabricante.</p>                              |   |   |
| <p>Fecha de la Verificación Operacional: 08 Octubre del 2020</p>  |   |   |
| <p>Próxima Validación (o después de una reparación mayor): Octubre de 2021</p>  |   |   |
| REACTIVOS PARA ANALISIS SAC   | <br>Alexandro Villarreal L.<br>RPA Support Técnico | RESPONSABLE  |
| <p>→ Av. Buzeta Cruz N° 627 - 641 / 3er. piso / San Isidro</p>  |   | → <a href="mailto:rpasac@rpapemsa.com">rpasac@rpapemsa.com</a>                                    |
| <p>→ (511) 451 3457 / 452 8788 / 451 8648 / 551 0781</p>  |   | → <a href="http://rpapemsa.com">rpapemsa.com</a>  |

## Anexo 4: Informe del certificado de análisis.



**INFORME DE ENSAYO**  
N° 3368-01-2020

Solicitante: Maribel Tello Rojas y Rosario Roca Esquivel  
 Dirección: Av. Naranjal 470 Los Olivos  
 Contacto: Maribel Tello Rojas  
 Procedencia de la muestra: **Tramo de Río Mala ( Calango - Santa Cruz de Flores)**  
 Tipo de Matriz: Camarones de río  
 Plan de Muestreo: Referencia: Plan de Muestreo N°3368, Procedimiento PR-MUE Item 3.1.5  
 Solicitud de Ensayo: 3368  
 Fecha de Recepción de la muestra: 08.10.2020  
 Fecha de Muestreo: 08.10.2020  
 Responsable de Muestreo: Solicitantes con apoyo de Personal de Laboratorios Analíticos JyR S.A.C.

| Código de Laboratorio:             | O0-0340   | O0-0341   | O0-0342   |        |                           |                      |
|------------------------------------|---|---|---|--------|---------------------------|----------------------|
| Descripción del Punto de Muestreo: | Zona 1 Santa Cruz de Flores<br>Coordenadas:<br>123851.8 S<br>763839.4 O | Zona 2 Santa Cruz de Flores<br>Coordenadas:<br>123736.1 S<br>763756.3 O | Zona 3 Santa Cruz de Flores<br>Coordenadas:<br>123746.9 S<br>763802.1 O |        |                           |                      |
| Ensayos                            | Resultado   | Resultado   | Resultado   | Unidad | Fecha de Inicio de Ensayo | Método de Ensayo     |
| Arsenico                           | 0.768   | 0.701   | 0.618   | mg/L   | 08.10.2020                | SM 3111 B - SM3114 C |
| Plomo                              | 0.362   | 0.487   | 0.374   | mg/L   | 08.10.2020                | SM 3111 B            |
| Cadmio                             | < 0.05  | < 0.05  | < 0.05  | mg/L   | 08.10.2020                | SM 3111 B            |
| Cromo                              | < 0.1   | < 0.1   | < 0.1   | mg/L   | 08.10.2020                | SM 3111 B            |

**Referencia de Métodos de Ensayo:**

SM: Standard Methods For The Examination Of Water And Waste Water, 23rd Edic. APHA/AWWA/WEF. Año 2017.

SM3114 C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometry.

SM 3111B Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry, Direct Air-Acetylene Flame Method.

AOAC Official Method 999, 11 Lead, Cadmium, Copper, Iron, and Zinc in Foods, 19th Edition

EPA Method 7000B (2012) and Flame atomic absorption spectrophotometry.

**Condición y Estado de la Muestra Ensayada:** Las muestras fueron recepcionadas en condiciones de conservación y preservación adecuadas para cada parámetro.

**Nota:**

Muestras Simples

< : menor al límite de cuantificación

**RENÉ MAYO PÉREZ**  
Gerente General  
Laboratorios Analíticos JyR S.A.C.

Lima, 21 de Octubre del 2020

Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General - LABORATORIOS ANALITICOS JYR SAC. Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas. Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. El tiempo de custodia de la muestra es de acuerdo al parámetro y método por el cual se a analizado.

Código: FM-INE  
Revisión: 08  
Fecha: 02-09-2019

Pag.1 de 3

**INFORME DE ENSAYO  
N° 3368-01-2020**

Solicitante: Maribel Tello Rojas y Rosario Roca Esquivel  
 Dirección: Av. Naranjal 470 Los Olivos  
 Contacto: Maribel Tello Rojas  
 Procedencia de la muestra: **Tramo de Río Mala ( Calango - Santa Cruz de Flores)**  
 Tipo de Matriz: Camarones de río  
 Plan de Muestreo: Referencia: Plan de Muestreo N°3368, Procedimiento PR-MUE Item 3.1.5  
 Solicitud de Ensayo: 3368  
 Fecha de Recepción de la muestra: 08.10.2020  
 Fecha de Muestreo: 08.10.2020  
 Responsable de Muestreo: Solicitantes con apoyo de Personal de Laboratorios Analíticos JyR S.A.C.

| Código de Laboratorio:             | 00-0343  | 00-0344  | 00-0345  | 00-0346  |        |                           |                      |
|------------------------------------|--|--|--|--|--------|---------------------------|----------------------|
| Descripción del Punto de Muestreo: | Zona 4 Calango<br>Coordenadas:<br>123139.8 S<br>763236.1 O | Zona 5 Calango<br>Coordenadas:<br>123141.5 S<br>763242.2 O | Zona 6 Calango<br>Coordenadas:<br>123135.3 S<br>763327.8 O | Zona 7 Calango<br>Coordenadas:<br>123132.4 S<br>763335.1 O |        |                           |                      |
| Ensayos                            | Resultado  | Resultado  | Resultado  | Resultado  | Unidad | Fecha de Inicio de Ensayo | Método de Ensayo     |
| Arsenico                           | 0.951  | 0.976  | 0.951  | 0.985  | mg/L   | 08.10.2020                | SM 3111 B - SM3114 C |
| Plomo                              | 0.419  | 0.43   | 0.442  | 0.487  | mg/L   | 08.10.2020                | SM 3111 B            |
| Cadmio                             | 0.1  | 0.18   | 0.43   | 0.33   | mg/L   | 08.10.2020                | SM 3111 B            |
| Cromo                              | < 0.1  | 0.068  | < 0.1  | < 0.1  | mg/L   | 08.10.2020                | SM 3111 B            |

**Referencia de Métodos de Ensayo:**  
 SM: Standard Methods For The Examination Of Water And Waste Water, 23rd Edic. APHA, AWWA, WEF. Año 2017.  
 SM3114 C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometry.  
 SM 3111B Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry, Direct Air-Acetylene Flame Method.  
 AOAC Official Method 999, 11 Lead, Cadmium, Copper, Iron, and Zinc in Foods, 19th Edition  
 EPA Method 7000B (2012) and Flame atomic absorption spectrophotometry.

**Condición y Estado de la Muestra Ensayada:** Las muestras fueron recepcionadas en condiciones de conservación y preservación adecuadas para cada parámetro.

**Nota:**

Muestras Simples

< : menor al límite de cuantificación

**RENE MAYO PEREZ**  
Gerente General  
Laboratorios Analíticos J y R S.A.C.

Lima, 21 de Octubre del 2020

Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General - LABORATORIOS ANALÍTICOS JYR SAC. Los resultados contenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas. Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. El tiempo de custodia de la muestra es de acuerdo al parámetro y método por el cual se a analizado.

Código FM-INE  
 Revisión: 08  
 Fecha: 02-09-2019

Pag. 2 de 3



**INFORME DE ENSAYO  
N° 3368-01-2020**

Solicitante: Maribel Tello Rojas y Rosario Roca Esquivel  
 Dirección: Av. Naranjal 470 Los Olivos  
 Contacto: Maribel Tello Rojas  
 Procedencia de la muestra: **Tramo de Río Mala ( Calango - Santa Cruz de Flores)**  
 Tipo de Matriz: Camarones de río  
 Plan de Muestreo: Referencia: Plan de Muestreo N°3368, Procedimiento PR-MUE Item 3.1.5  
 Solicitud de Ensayo: 3368  
 Fecha de Recepción de la muestra: 08.10.2020  
 Fecha de Muestreo: 08.10.2020  
 Responsable de Muestreo: Solicitantes con apoyo de Personal de Laboratorios Analíticos JyR S.A.C.

| Código de Laboratorio:             | 00-0347  | 00-0348  | 00-0349   |        |                 |                      |
|------------------------------------|--|--|---|--------|-----------------|----------------------|
| Descripción del Punto de Muestreo: | Zona 8 Calango<br>Coordenadas:<br>123132.3 S<br>763337.1 O | Zona 9 Calango<br>Coordenadas:<br>123140.06 S<br>763237.87 O | Zona 10 Calango<br>Coordenadas:<br>123136.6 S<br>763415.6 O |        |                 |                      |
| Ensayos                            | Resultado  | Resultado  | Resultado   | Unidad | Fecha de Ensayo | Método de Ensayo     |
| Arsenico                           | 0.985  | 0.96   | 0.976   | mg/L   | 08.10.2020      | SM 3111 B - SM3114 C |
| Plomo                              | 0.464  | 0.487  | 0.487   | mg/L   | 08.10.2020      | SM 3111 B            |
| Cadmio                             | 0.448  | 0.469  | 0.48  | mg/L   | 08.10.2020      | SM 3111 B            |
| Cromo                              | < 0.1  | 0.082  | 0.082   | mg/L   | 08.10.2020      | SM 3111 B            |

**Referencia de Métodos de Ensayo:**

SM: Standard Methods For The Examination Of Water And Waste Water,23rd,Edic. APHA,AWWA,WEF. Año 2017.

SM3114 C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic-Absorption Spectrometry.

SM 3111B Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry, Direct Air-Acetylene Flame Method.

AOAC Official Method 999, 11 Lead, Cadmium, Copper, Iron, and Zinc in Foods, 19th Edition

EPA Method 7000B (2012) and Flame atomic absorption spectrophotometry.

**Condición y Estado de la Muestra Ensayada:** Las muestras fueron recepcionadas en condiciones de conservación y preservación adecuadas para cada parámetro.

**Nota:**

Muestras Simples

< : menor al límite de cuantificación

**RENE MAYO PEREZ**  
Gerente General  
Laboratorios Analíticos J y R S.A.C

Lima, 21 de Octubre del 2020

Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General - LABORATORIOS ANALITICOS JYR SAC. Los resultados contenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas. Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. El tiempo de custodia de la muestra es de acuerdo al parámetro y método por el cual se a analizado.

Código: FM-INE  
 Revisión: 03  
 Fecha: 02-09-2019

Pag. 3 de 3