

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD CIENCIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA EN ACUICULTURA**



**CONCENTRACION DE CADMIO Y PLOMO EN QUELAS Y  
HEPATOPÁNCREAS DE *Cancer setosus* Y *Platyxanthus orbignyi*  
PROCEDENTES DE LA BAHÍA DE HUARMEY, ANCASH - 2016**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. Dominguez Izquierdo Carol Thalía**

**Bach. Pereda Sagastegui Melysa Nicacia**

**ASESOR:**

**Dr. Luis Torres Cabrera.**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE BIÓLOGO  
ACUICULTOR**

**Nuevo Chimbote – Perú**

**2020**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD CIENCIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA EN ACUICULTURA**



**CONCENTRACION DE CADMIO Y PLOMO EN QUELAS Y  
HEPATOPÁNCREAS DE *Cancer setosus* Y *Platyxanthus orbignyi*  
PROCEDENTES DE LA BAHÍA DE HUARMEY, ANCASH - 2016.**

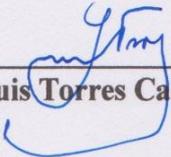
**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE BIÓLOGO ACUICULTOR**

**AUTORES:**

**Dominguez Izquierdo Carol Thalía**

**Pereda Sagastegui Melysa Nicacia**

**REVISADO Y APROBADO POR EL ASESOR DE TESIS:**

  
**Dr. Luis Torres Cabrera.**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD CIENCIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA EN ACUICULTURA**



**EVALUACIÓN DE CADMIO Y PLOMO EN QUELAS Y  
HEPATOPÁNCREAS DE *Cancer setosus* Y *Platyxanthus orbigny*  
PROCEDENTES DE LA BAHÍA DE HUARMEY, ANCASH - 2016.**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE BIÓLOGO ACUICULTOR**

**AUTORES:**

**Dominguez Izquierdo Carol Thalía**

**Pereda Sagastegui Melysa Nicacia**

**APROBADO POR EL JURADO CALIFICADOR INTEGRADO  
POR LOS SEÑORES MIEMBROS**

**Presidente**

**Integrante del Jurado**

**Integrante del Jurado**

ACTA DE LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES POSTERIOR A LA  
SUSTENTACIÓN DE LA TESIS Y CERTIFICACIÓN

En el Distrito de Nuevo Chimbote, en la Universidad Nacional de Santa, en el  
Dpto. de Biología, Microbiología y Biotecnología, dando cumplimiento a la  
Resolución N° 222-2019-UNS-FC, siendo las 12:00 horas del día 09-03-2020  
se reunió el Jurado Evaluador presidido por Dr. Luis Compadre Vega  
teniendo como miembros a Bja. Carmen Yáñez Barrios  
(secretario) (a) y Dr. Luis Torres Cabrera (integrante), para el  
levantamiento de observaciones posterior a la sustentación de tesis, presentada por (el), (la),  
(los) tesistas: Carol Thalia Dominguez Izquierdo y  
Melysia Nicacia Puerto Segura  
quien (es) expuso (ieron) el trabajo intitulado: Construcción de cadmio  
y plomo en gusos y hepatocarcinomas de Canis familiaris y  
Platyxanthus orbigny procedente de la Bahía de Huarmey  
Arequí - 2016.

Terminada la revisión se observa que (el), (la), (los) tesistas han cumplido con levantar las  
observaciones, por tanto se CERTIFICA LA APROBACIÓN DE LA TESIS EN MENCIÓN.

Siendo las 13:00 horas del mismo día se dio por terminado el acto firmando los  
miembros del Jurado en señal de conformidad.

Nombre: Luis Compadre Vega  
Presidente

Nombre: Carmen Yáñez Barrios  
Secretario

Nombre: Luis Torres Cabrera  
Integrante

Distribución: Integrantes J.E (03), tesistas( ) y archivo FC (02).





## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Dominguez Izquierdo Carol Thalía P...  
Título del ejercicio: PREGRADO - BIOLOGIA  
Título de la entrega: EVALUACIÓN DE CADMIO Y PLOM...  
Nombre del archivo: Informe\_mely-carito-18——.docx  
Tamaño del archivo: 3.72M  
Total de páginas: 63  
Total de palabras: 14,181  
Total de caracteres: 73,569  
Fecha de entrega: 06-mar-2020 10:22a.m. (UTC-0500)  
Identificador de la entrega: 1270572722

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD CIENCIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA EN ACUICULTURA



EVALUACIÓN DE CADMIO Y PLOMO EN QUELAS Y  
HEPATOPÁNCREAS DE *Cancer setosus* Y *Platycephalus orbignyi*  
PROCEDENTES DE LA BAHÍA DE HUARMEY, ANCASH - 2016  
TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE BIÓLOGO ACUICULTOR

AUTORES:

Dominguez Izquierdo Carol Thalía  
Pereza Sagastegui Melysa Nicacia

ASESOR:

Dr. Luis Torres Cabrera.

Nuevo Chimbote - Perú  
2019

## DEDICATORIA

*A Dios por darme vida, salud e inteligencia en todo momento ya que me ayudó a cumplir cada una de mis metas.*

*Dedico esta tesis a mi querida madre, Eloísa, que, con su amor, comprensión y confianza, me brindó todo su apoyo para ver cristalizada mi carrera profesional. A mi hermana Paola por su gran compañía y cariño.*

*Melysa.*

*A Dios, por regalarme la vida y guiarme por el buen camino, darme fuerza para seguir adelante y no desmayar ante los problemas que se presentaban.*

*Dedico esta tesis en especial a mi amado abuelito, Alejandro Izquierdo, que con su infinito amor me ha dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, y ser mi coraje para conseguir mis sueños, aún ahora, desde el cielo.*

*Carol.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A todas los docentes de la Escuela Profesional de Biología en Acuicultura, por todas las enseñanzas impartidas durante mi formación universitaria, en especial a nuestro asesor el Dr. Luis Torres Cabrera.

A nuestros padres que siempre confiaron en que seríamos grandes personas y profesionales, este logro es nuestro.

Y al profesor Ing. Químico. Daniel Sánchez, por las enseñanzas brindadas y su experiencia en el campo químico, que fueron muy importantes para el desarrollo de nuestra tesis, y a todos nuestros amigos en el camino que aportaron con un grano de arena.

## ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN .....	xii
ABSTRACT .....	xiii
I. INTRODUCCIÓN .....	14
II. MARCO TEÒRICO.....	20
OBJETIVOS.....	23
Objetivo General.....	23
Objetivos específicos .....	23
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
Área de estudio .....	24
Colecta de las muestras.....	24
Determinación de metales pesados.....	26
Procedimiento y Análisis de metales en Sedimentos .....	26
Procedimiento y Análisis de metales en Organismos.....	27
Análisis de metales en el agua.....	28
Curvas de Calibración .....	28
Lectura de las muestras.....	29
Análisis estadístico de los resultados.....	29
IV. RESULTADOS .....	30
V. DISCUSIÓN .....	37
VI. CONCLUSIONES.....	44
VII. RECOMENDACIONES .....	45
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	46
VII. ANEXOS .....	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Estaciones de muestreo en la bahía de Huarmey, Ancash-Perú (imagen tomada de Google Earth 2019). .....	25
Figura 2. Muestras de <i>C. setosus</i> y <i>P. orbigny</i> recolectadas en la bahía de Huarmey para el análisis de metales pesados. ....	25
Figura 3. Espectrofotómetro de absorción atómica marca Buck Scientific.....	26
Figura 4. Preparación de las muestras de <i>C. setosus</i> y <i>P. orbigny</i> para la determinación de plomo y cadmio. A) Extracción de quelas. B) Secado. C) Homogenizado. ....	27
Figura 5. Curva de Calibración para cadmio .....	28
Figura 6. Curva de Calibración para plomo .....	28
Figura 7. Especies colectadas durante el muestreo (Enero – Mayo) en la bahía de Huarmey, Ancash.....	30
Figura 8. Concentración de plomo (Pb) en los sedimentos de la estación 1 (E1) durante los muestreos en la bahía de Huarmey, Ancash.....	33
Figura 9. Concentración de plomo (Pb) en los sedimentos de la estación 2 (E2) durante los muestreos en la bahía de Huarmey, Ancash.....	33
Figura 10. Concentración de cadmio (Cd) en los sedimentos de la estación 1 (E1) durante el muestreo en la bahía de Huarmey, Ancash .....	34
Figura 11. Concentración de cadmio (Cd) en los sedimentos de la estación 2(E2) durante el muestreo en la bahía de Huarmey, Ancash .....	34
Figura 12. Concentración de plomo (Pb) en el agua de la estación 1 (E1) durante el muestreo en la bahía de Huarmey, Ancash .....	35
Figura 13. Concentración de plomo (Pb) en el agua de la estación 2 (E2) durante el muestreo en la bahía de Huarmey, Ancash .....	35
Figura 14. Concentración de cadmio (Cd) en el agua de la estación 1 (E1) durante el muestreo en la bahía de Huarmey, Ancash .....	36
Figura 15. Concentración de cadmio (Cd) en el agua de la estación 2 (E2) durante el muestreo en la bahía de Huarmey, Ancash .....	36

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Número de ejemplares colectados según estación y muestreo realizado. ....	24
Tabla 2. Medidas estadísticas descriptivas del contenido de cadmio (ppb) en las poblaciones de <i>C. setosus</i> y <i>P. orbigny</i> de la bahía de Huarmey, Ancash .....	31
Tabla 3. Medidas estadísticas descriptivas del contenido de plomo (ppm) en las poblaciones de <i>C. setosus</i> y <i>P. orbigny</i> de la bahía de Huarmey, Ancash. .....	32

## ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Concentración de cadmio en hapatopáncreas de las poblaciones de <i>P. orbigny</i> de la bahía de Huarmey, Ancash .....	56
Anexo 2. Concentración de cadmio en quelas de las poblaciones de <i>P. orbigny</i> de la bahía de Huarmey, Ancash .....	56
Anexo 3. Concentración de plomo en hepatopáncreas de las poblaciones de <i>P. orbigny</i> de la bahía de Huarmey, Ancash.....	56
Anexo 4. Concentración de plomo en quelas de las poblaciones de <i>P. orbigny</i> de la bahía de Huarmey, Ancash. ....	57
Anexo 5. Concentración de cadmio en hepatopáncreas de las poblaciones de <i>C. setosus</i> de la bahía de Huarmey, Ancash.....	57
Anexo 6. Concentración de cadmio en quelas de las poblaciones de <i>C. setosus</i> de la bahía de Huarmey, Ancash. ....	58
Anexo 7. Concentración de plomo en hepatopáncreas de las poblaciones de <i>C. setosus</i> de la bahía de Huarmey, Ancash.....	59
Anexo 8. Concentración de plomo en quelas de las poblaciones de <i>C. setosus</i> de la bahía de Huarmey, Ancash. ....	60
Anexo 9. Concentraiones de plomo y cadmio en los sedimentos de la bahía de Huarmey, Ancash. ....	61
Anexo 10. Concentraiones de plomo y cadmio en el agua de donfo en la bahía de Huarmey, Ancash. ....	61
Anexo 11. Distribución horizontal de la concentración de plomo en la bahía de Huarmey (Tomado de Guzmán, 2014) .....	62
Anexo 12. Distribución horizontal de la concentración de cadmio en la bahía de Huarmey (Tomado de Guzmán, 2014) .....	63
Anexo 13. Preparación de las muestras de cangrejo. ....	64
Anexo 14. Colecta de las muestras en la bahía de Huarmey, Ancash.....	64

## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue determinar la concentración de plomo (Pb) y cadmio (Cd) en quelas y hepatopáncreas de dos especies de cangrejos, *C. setosus* y *P. orbigny*, en la bahía de Huarney, Ancash. La colecta de las muestras se realizó entre los meses de Enero y Mayo del 2016. Un total de 37 organismos de *C. setosus* y 13 de *P. orbigny* fueron colectados durante el periodo de muestreo. La determinación de los metales pesados, cadmio y plomo, se realizó mediante espectrofotometría de absorción atómica en los sedimentos, procedentes del fondo de cada estación de muestreo. Los resultados indican una elevada concentración de plomo en las quelas, tanto de *C. setosus* ( $7.669 \pm 2.827$  ppm) y *P. orbigny* ( $7.035 \pm 2.888$  ppm), la cual supera los límites máximos permisibles de los estándares de calidad ambiental (LMP-ECA). Por otro lado, el cadmio en las muestras fue menor y está por debajo de los LMP establecidos ( $> 0.05$  ppm), además, no se evidencia diferencia estadística significativa ( $p < 0.05$ ) en la concentración determinada en quelas y hepatopáncreas entre las especies. Estos resultados denotan una importante alteración del ecosistema por metales pesados, lo cual afecta a las especies bentónicas, resultando en una necesidad imperativa de medidas correctivas para mejorar la calidad ambiental en la bahía de Huarney, Ancash, considerando que estas especies son de consumo humano directo.

**Palabras clave:** *Cancer setosus*, *Platyxanthus orbigny*, plomo, cadmio, contaminación

## ABSTRACT

The objective of the present investigation was to determine the concentration of lead (Pb) and cadmium (Cd) in chelas and hepatopancreas of two species of crabs, *C. setosus* and *P. orbigny*, in the bay of Huarmey, Ancash. The samples were collected between January and May 2016. A total of 37 organisms of *C. setosus* and 13 of *P. orbigny* were collected during the sampling period. The determination of heavy metals, cadmium and lead, was carried out by means of atomic absorption spectrophotometry in the sediments, coming from the bottom of each sampling station. The results indicate a high concentration of lead in chelates, both from *C. setosus* ( $7.669 \pm 2.827$ ppm) and *P. orbigny* ( $7.035 \pm 2.888$  ppm), which exceeds the maximum permissible limits of environmental quality standards (LMP- ECA). On the other hand, the cadmium in the samples was lower and is below the established LMP ( $> 0.05$  ppm), in addition, there is no significant statistical difference ( $p < 0.05$ ) in the concentration determined in chelas and hepatopancreas between species. These results denote an important alteration of the ecosystem by heavy metals, which affects benthic species, resulting in an imperative need for corrective measures to improve the environmental quality in Huarmey Bay, Ancash, considering that these species are of direct human consumption.

**Key words:** *Cancer setosus*, *Platyxanthus orbigny*, lead, cadmium, pollution.

## I. INTRODUCCIÓN

La actividad humana produce gran variedad de compuestos que son liberados a los ambientes terrestres, aéreos y acuáticos. La introducción de un determinado producto antropogénico en un ecosistema puede o no introducir desequilibrios que conduzcan a su deterioro (Tortorelli & Hernández, 1995). La contaminación del mar se entiende como la introducción por el hombre, directa o indirectamente, de sustancias o energía a este ambiente que pueden causar efectos perjudiciales tales como daños a los recursos vivos, peligros para la salud humana, obstáculos para las actividades marinas (incluida la pesca), el deterioro de la calidad del agua de mar y la reducción de los atractivos naturales (FAO/SIDA, 1983; Alarcón, 2003).

Muchos de los contaminantes no son biodegradables y por lo tanto su permanencia en el ambiente plantea una amenaza a largo plazo para la salud pública y la vida silvestre, donde los cambios biológicos debido a la contaminación ocurren en todos los niveles de organización, desde molecular hasta niveles de comunidad (Shugart, 1994). Dentro de los contaminantes tenemos los denominados metales pesados que son peligrosos debido a su alta toxicidad y largo período de residencia en suelos, sedimentos, flora y fauna (Paredes, 1998). Los metales pesados son parte fundamental de las fuentes antropogénicas provenientes de los desechos domésticos, agrícolas e industriales los cuales son peligrosos para la biota marina, el hombre y el deterioro ambiental en general. Bajo este escenario, los sedimentos, uno de los principales reservorios de estos elementos, actúan como recursos secundarios de contaminación en el medio ambiente marino (Rubio *et al.*, 1996).

Las vías de transporte por la que los organismos acuáticos incorporan metales pesados son a través de columnas de agua y el alimento ingerido. Una vez que se encuentran dentro del organismo sustituyen algunas funciones de este como la inactivación de las enzimas ya que se unen a los grupos sulfhídricos (-SH), también se enlazan a los grupos carboxilos (-COOH) y aminos (-NH<sub>2</sub>), de las proteínas (Botello *et al.*, 1996), razón por la cual no son ni química o biológicamente degradables. Estos contaminantes no solamente se acumulan, sino que además resultan a menudo magnificados biológicamente a medida que circulan por los ciclos biogeoquímicos a lo largo de la cadena de alimentos (Odum, 1971; Albert, 1997).

Para la mayoría de los crustáceos decápodos, la principal vía de ingreso al organismo de estos metales es directa, por branquias (Rainbow, 1997). Lara (2003), menciona que los crustáceos acumulan más metales a bajas salinidades y altas temperaturas, además, el proceso de muda incrementa la ingestión de calcio y con ello puede incrementarse la tasa de ingestión de metales pesados.

El comportamiento y distribución de los metales pesados no es fácil de entender puesto que la conducta de ellos varía en el medio ambiente (Zhang, 1995). Esto es debido al fuerte gradiente en la composición química del agua, variabilidad de las concentraciones del material en suspensión y a los complejos procesos hidrodinámicos (León, 1995). Así mismo, Balls *et al.* (1994), señalan que los ciclos de las mareas influyen en la repartición y proceden de estos elementos en dichos medios. La captación y toxicidad de los metales pesados para los organismos acuáticos están influenciados no solo por su concentración, también son relevantes el tiempo de exposición y los factores bióticos y abióticos del ambiente (Castañé, 2003). Los principales factores que afectan el ingreso de metal en los organismos acuáticos son su forma química, la presencia de otros metales, el pH, la salinidad, la especie animal y la fase del ciclo de vida (Huancaré, 2014).

Muchos metales pesados como el cadmio, cromo, plomo, mercurio, entre otros, son considerados muy tóxicos (Tchounwou *et al.*, 2012). El Cadmio es un elemento cuya presión de vapor es relativamente alta, por lo que pasa fácilmente al estado de vapor y en este estado se oxida rápidamente produciendo óxido de Cadmio que permanece en el aire. Es uno de los contaminantes de mayor importancia, debido a su persistencia, toxicidad y potencial de bioacumulación (USEPA, 2000).

Los niveles de Cadmio (Cd), en la corteza terrestre están entre 0.1 – 0.5  $\mu\text{g g}^{-1}$ , en la atmósfera entre 0.1 - 5  $\text{ng m}^3$ , en los sedimentos marinos aproximadamente 1  $\mu\text{g g}^{-1}$ , en el agua marina aproximadamente 0.1  $\mu\text{g L}^{-1}$  (Clark, 1992), y en agua de río la concentración de Cd disuelto está entre 1 -13.5  $\text{ng L}^{-1}$  (WHO, 1992). El Cadmio se libera al medio ambiente en las aguas residuales y los fertilizantes y la contaminación aérea local producen contaminación difusa. En la industria, se aprovecha del Cd por su gran resistencia a la corrosión, su bajo punto de fusión y al ser un excelente conductor eléctrico, su uso se ha derivado en pigmentos, revestimientos, pinturas y baterías recargables de níquel – Cadmio, combustibles de automóviles, gomas y del humo de tabaco. Según Clark (1992). Sin embargo, la disposición de Cadmio al medio ambiente

resulta en un problema medioambiental con repercusiones sobre la salud debido a su persistencia en el medioambiente y su larga vida media biológica (10-40 años) en el cuerpo humano, especialmente en los riñones (Vahter *et al.*, 1996).

Por otro lado, el plomo se encuentra naturalmente en la corteza terrestre, sin embargo, raramente está en la naturaleza en forma de metal. Generalmente se encuentra combinado con dos o más elementos formando compuestos de Plomo. Comúnmente se utiliza en la elaboración de cañerías, baterías, pesas, proyectiles y municiones, revestimientos de cables, y láminas usadas para proteger de la radiación, así como baterías para automóviles y otros vehículos (ATSDR, 2005). El Plomo puede entrar al ambiente a través de liberaciones desde minas de Plomo y otros metales, y desde fábricas que manufacturan o usan Plomo, aleaciones de Plomo o compuestos de petróleo. En la naturaleza el  $Pb^{+2}$  es la forma estable del Plomo, pero también forma complejos poco solubles con carbonatos, sulfuros, sulfatos e hidróxidos (Schulz-Baldes *et al.*, 1983).

El Plomo también resulta peligroso para el ser humano, ya que puede producir malformaciones en animales cuando estos se han encontrado expuestos a dicho metal por un largo periodo de tiempo (ATSDR, 2005). El Plomo puede llegar a la sangre a través de dos vías: la respiratoria y la digestiva. La vía pulmonar es la más importante. Se absorbe entre el 30-50 por ciento de la cantidad respirada. Según la (OMS, 1999) la penetración del Plomo está en función de varios factores como del tamaño de las partículas, de la concentración de Plomo en la atmósfera y del débito pulmonar.

En general, la movilidad de los metales pesados es muy baja y quedan acumulados en los primeros centímetros del suelo o sedimento marino. En muchos casos se forman complejos organometálicos, lo que facilita la solubilidad del metal, la disponibilidad y dispersión porque pueden degradarse por los organismos del suelo (Galán y Romero, 2008).

Estudios desarrollados en Puerto Rico por Masool y Díaz (2002) evidencian la movilización de cadmio desde los sedimentos de la Laguna Gato al tejido de *Uca pugnax rapax* (cangrejos violinistas). Mientras en el hábitat del cangrejo se detectaron aproximadamente 3.32 mg de cadmio por kg de sedimento. En el tejido de los crustáceos la concentración de este metal tóxico fue de 2 a 3 veces mayor. Otros estudios también

realizados en *Procamarus clarkii* (cangrejo rojo americano) muestran que después de tres años después del vertido minero de Aznalcollar, presentan niveles de metales pesados superiores a los cangrejos de la misma localidad.

El cangrejo peludo *Cancer setosus* es de hábitos territoriales que no forman grupos; tienen un comportamiento de depredador intermedio, por lo que también se protege de los depredadores superiores (por ejemplo, de asteroideos y peces) en cavidades y grietas del sustrato; se alimenta de conchas y almejas (Mendo *et al.*, 1987) también de animales muertos y desperdicios (Gutiérrez y Zuñiga, 1976).

El cangrejo violáceo *Platyxanthus orbigny* es un braquiuro que se distribuye de manera casi uniforme en toda la costa desde Ecuador hasta Chile (Chirichigno, 1970). Habita como epifauna en fondos duros con refugios de rocas, aunque también se puede encontrar en fondos arenosos o de grava. El ciclo biológico del cangrejo violáceo empieza en verano con la eclosión e inicio de la etapa larvaria, después de aproximadamente mes y medio empieza la fase bentónica, con la formación de juveniles, dando lugar inmediatamente a los procesos de mudas sucesivas (Perea, 1982).

Estas especies son capturadas principalmente por los pescadores artesanales de la zona centro y sur del Perú mediante el buceo a pulmón, semi-autónomo o mediante trampas (nasas) aunque, ocasionalmente son capturados incidentalmente con otro tipo de aparejos de pesca. Su comercialización es netamente para el consumo humano directo en los principales mercados locales, por lo que evaluar la presencia de contaminantes como metales pesados en estos organismos resulta de interés, considerando el deterioro actual de los océanos y contaminación.

Es así que, en otros países, existen preocupaciones por los Límites Máximos Permisibles (LMP) para productos de Pesca (Amat *et al.*, 2002). Como en Costa Rica, el Instituto Nacional de Ecología, dentro de las acciones para el fortalecimiento e incremento de la competitividad de las PYMES del Pacífico Central hace referencia al Decreto N° 29210-MAG-MEIC-S para considerar los límites máximos permitidos para residuos tóxicos y recuento microbiológico para los productos y subproductos de la pesca, para el consumo humano, llegando a establecer que el límite permisible para el Cadmio total (en camarón langosta y cangrejo)  $1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  y para Plomo total (en camarón, langosta y cangrejo)  $1,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  (FAO, 2000). En otro trabajo, Gil *et al.* (2006), mencionan haber analizado el

contenido de cadmio y plomo en tejido blando de moluscos y crustáceos, aves y mamíferos marinos (riñón, hígado y músculo) procedentes de la zona costera de la Patagonia Argentina, y detectados niveles de cadmio en moluscos superiores a los permitidos para el consumo humano, destacando la necesidad de realizar monitoreos en estas poblaciones. En nuestro país, actualmente, la normativa vigente de LMP (límites máximos permisibles) para los metales pesados presentes en productos de pesquería es de 0.5 ppm el nivel máximo permitido tanto para plomo y cadmio de crustáceos (SANIPES, 2016).

La pesquería de invertebrados marinos en el Perú proporciona empleo y calidad de vida a las comunidades costeras, basados en la gran diversidad de recursos hidrobiológicos en el litoral costero y su alta demanda en el mercado local, nacional e internacional. Entre los recursos de invertebrados más importantes se encuentra el *Platyxanthus orbigny* “cangrejo violáceo”, el cual constituye uno de los cangrejos más cotizados y consumidos en la costa peruana. Además, en el año 2012, se reportó un desembarque de aproximadamente 2105 TM de cangrejos en todo el Perú (INEI, 2014), y en el 2015, 9000 TM de *Romaleon polyodon*, cangrejo peludo, observándose un incremento de hasta el 24% con respecto al año anterior (IMARPE, 2018); es por ello que resulta de vital importancia el monitoreo de estos recursos.

La pesquería de moluscos representa una de las principales actividades pesqueras a nivel mundial. En el Perú, se desembarcan aproximadamente 9000 TM de cangrejos al año (INEI, 2014). Es por ello que resulta necesario el monitoreo periódico de los contaminantes presentes en estos organismos, dado que ello determina su aceptabilidad.

Las especies *C. setosus* “cangrejo peludo” y *P. orbigny* “cangrejo violáceo”, son dos de los recursos más extraídos en la bahía de Huarney. Se reporta que, en el año 2014, los niveles de contaminación por metales pesados en estos organismos fueron elevados, principalmente con respecto al cadmio (Guzmán, 2014) indicando la necesidad de realizar monitoreos para evaluar la presencia de metales pesados.

La pesca es una de las principales actividades económicas que proporciona empleo y asegura la disposición de alimentos de consumo humano directo. En la provincia de Huarney, la actividad económica depende en gran medida de la pesca artesanal y entre las principales especies que se extraen están los cangrejos (Ganoza, 2014).

Dado que en los últimos años se ha incrementado la actividad minera en el Perú, diversos problemas de contaminación de cuerpos de agua continentales y marinos han sufrido el impacto de su desarrollo. El SANIPES ha establecido los LMP para contaminantes como cadmio y plomo (0.5 ppm) en organismos provenientes de pesquerías. De allí los estudios realizados por (Guzmán, 2014), en la Bahía de Huarmey indican que estos límites son bajos, sin embargo, por la actividad permanente de la Empresa Antamina, se estaría concentrando los metales pesados en la bahía de Huarmey, por un deficiente traspase del mineral a las embarcaciones que lo transportan. En ese sentido, es necesario determinar las concentraciones de metales pesados en la bahía de Huarmey y también en los organismos más representativos para el consumo humano; como es el cangrejo violáceo y el cangrejo peludo los cuales son los crustáceos más consumidos por la población de la zona.

La modificación de los ecosistemas marinos por actividades antrópicas repercute sobre la biota marina y representa un riesgo potencial para la salud del hombre. En la bahía de Huarmey, la empresa Antamina ha establecido un desembarcadero para sus operaciones, y si bien ello ha contribuido con el desarrollo económico, también estaría ocasionado un severo impacto sobre el medio ambiente. Además, considerando que en esta bahía se desarrollan actividades de pesca artesanal, la cual proporciona alimentos de consumo humano directo, es necesario conocer y monitorear los contaminantes que representan un riesgo para la salud, tales como los metales pesados.

Bajo condiciones de contaminación por metales pesados, los organismos acuáticos, como los cangrejos, pueden bioacumular metales pesados en sus tejidos, haciendo que las concentraciones excedan los LMP permitidos para su consumo. En ese sentido, determinar los metales plomo y cadmio en los diferentes tejidos de estos organismos, como hepatopáncreas y quelas, resulta importante para conocer los niveles de contaminación y comprender mejor los procesos de bioacumulación en estas especies, considerando que estudios previos indican que el hepatopáncreas participa activamente en la eliminación de metales tóxicos en los crustáceos (Cogun *et al.*, 2017), asimismo, las quelas representan los tejidos con mayor musculatura (Dima, 2013). Por lo tanto, es necesario determinar estos metales en diferentes tejidos del organismo. De allí que el presente trabajo permitirá determinar las concentraciones del plomo y cadmio en cangrejo violáceo y peludo de la bahía de Huarmey, que conduzca a establecer si existe contaminación en estos organismos.

## II. MARCO TEÓRICO

Los metales pesados se encuentran de manera natural en el medio ambiente, sin embargo, su concentración suele ser reducida, y aunque no puede ser degradados, representan un riesgo debido a la capacidad que presentan para bioacumularse a través de la cadena trófica (Londoño-Franco *et al.*, 2016). Si bien algunos metales pesados son requeridos para el metabolismo en distintas especies, otros pueden resultar tóxicos aún en concentraciones mínimas (Jakimska *et al.*, 2012).

Shi *et al.* (2016), señala que los niveles de contaminación han conllevado a modificaciones físico-químicas de los océanos en diferentes regiones, principalmente, la acidificación de estos ambientes resulta en una mayor disposición de metales tóxicos; además, organismos de interés comercial, como los bivalvos, presentan mayor concentración de metales pesados bajo estas condiciones. Asimismo, en *Tegillarca granosa* (mollusca), una especie de interés comercial, se ha determinado la exposición de cadmio puede tener severos impactos en su metabolismo, lo cual reduce su producción en cautiverio (Shi *et al.*, 2019).

Las altas concentraciones de metales pesados en los ambientes naturales están relacionadas a procesos naturales; sin embargo, en la actualidad se conoce que la presencia de estos elementos en el medio ambiente es causa de la actividad del hombre (Eróstegui y Romero, 2009). Mart y Nürnberg (1985), determinaron que la presencia de metales pesado en ambientes marinos suele ser observada con mayor frecuencia en las orillas, en donde los organismos que habitan estas zonas presentan niveles mínimos de estos elementos. Además, dado que los metales pesados presentan una dinámica similar a otros elementos en el ambiente marino, organismos que conforman el plancton pueden acumularlos (Xu y Morel, 2012).

El cadmio y plomo representan dos de los más peligrosos contaminantes en el medio ambiente y para la salud humana (Besada *et al.* 2006), sin embargo, en las últimas décadas, su presencia es cada vez mayor en el medio ambiente y en la biota marina (Guião *et al.*, 2002). Se postula que, el contenido de estos metales pesados en los organismos acuáticos depende de diversos factores, principalmente de la concentración a la que estén expuestos (Gil *et al.*, 2006) y la posición de estos en la cadena trófica (Chen *et al.*, 2000).

El cadmio es un elemento tóxico usado para la fabricación de diversos materiales; por lo que su disposición como residuo al medio natural es constante (Milton *et al.*, 2004). La exposición a este elemento puede resultar letal para los seres vivos, aún en concentraciones mínimas (Tchounwou *et al.*, 2012). A pesar de ello, en los últimos años se observa que en el ambiente marino su concentración se ha incrementado, debido al impacto de actividades económicas como la minería y la siderurgia (Neff, 2002); asimismo, los vertimientos de aguas residuales contaminadas contribuyen a su acumulación (Abdur-Rahim *et al.*, 2013).

Los organismos en la base de la cadena trófica presentan mayores niveles de contaminación debido a que interactúan de manera más simple con estos contaminantes (Tupan y Unepetty, 2017). Sin embargo, concentraciones elevadas también se han reportado en organismos que habitan en el bentos. Hwang *et al.* (2010), encontraron concentraciones elevadas de plomo y cadmio en algas marinas, con concentraciones 0.01 y 0.05 ppm, respectivamente; indicando que, si bien estas concentraciones pueden no ser letales, existe riesgo de contaminación, por tanto, el monitoreo periódico de estos contaminantes resulta necesario.

Especies de cangrejos, presentan niveles de metales por exposición a aguas contaminadas o por la ingesta de otros organismos que bioacumulan estos metales. Knutsen *et al.* (2018), determinó diferencias en las concentraciones de cadmio en *Carcinus maenas* en diferentes estaciones de muestreo, en donde los niveles de contaminación por este metal pueden llegar hasta 2.4 ppm en numerosas muestras. Por su parte, Falusi y Olanipekun (2007), observaron que *Carcinus sp.* bioacumula diferentes metales pesados, reportando concentraciones de arsénico (0.50 ppm), cadmio (3.75 ppm) y plomo (0.20 ppm) muy por encima de los valores normales para otras especies.

Asimismo, Chaiyara *et al.* (2013), reporta presencia de cadmio, cobre, plomo y zinc en ambientes de manglar, en donde las concentraciones en el agua y los sedimentos presentan elevadas concentraciones; además que, *Sesarma mederi*, una especie nativa de estos ecosistemas, bioacumula estos contaminantes, aunque en concentraciones bajas. En *Chionoecetes opilio*, se ha reportado que las concentraciones de metales pesados suelen variar en los tejidos, en donde las mayores concentraciones suelen observarse en la hepatopáncreas (Claude *et al.*, 2001).

En relación al plomo, este es altamente requerido por diversas industrias, lo que ha incrementado su presencia en el medio ambiente; es así que su presencia representa un gran peligro para la salud (Barraza, 2018). Investigaciones previas indican una alta disposición de este elemento, incluso acumulaciones en organismos que son susceptibles a contaminar por este compuesto (Jara-Perña, 2017); además de otros que son de importancia por ser de consumo humano directo (Espinoza y Falero, 2015).

En *Callinectes sapidus*, se ha determinado concentraciones peligrosas de plomo ( $5.1 \pm 0.18$  ppm) en los hepatopáncreas (Cogun *et al.*, 2017). Asimismo, Percin y Ali (2016), reportan concentraciones de  $0.02 \pm 0.01$ , sin embargo, determinaron mayores concentraciones de otros metales como cobre ( $143.02 \pm 0.50$  ppm), lo que indica que la contaminación por metales pesados puede variar en las regiones. Mientras que en *C. setosus*, se ha reportado concentraciones de hasta 0.97 ppm de plomo (Jacinto y Aguilar, 2007). En este contexto, se observa que la bioacumulación de metales pesados varía con respecto de la especie y su ubicación geográfica.

La exposición a estos elementos tóxicos resulta letal a muy bajas concentraciones; además que pueden ser bioacumulados en los tejidos fácilmente mediante procesos pasivos de difusión a través de la membrana o mediante el consumo de otros organismos contaminados a través de la cadena trófica (Castañe, 2003). Los métodos de determinación de metales pesados en organismos acuáticos han sido ampliamente empleados para evaluar el estado de los ecosistemas y a la vez prever daños adversos sobre la salud por el consumo de estos recursos contaminados (Chen *et al.*, 2018).

La extracción de moluscos representa una de las principales actividades pesqueras en el Perú (FAO, 2010). Por tal motivo, la investigación de los recursos acuáticos, como los cangrejos, están dirigidos a describir la realidad de estos con la finalidad de determinar el riesgo de contaminación por metales pesados, considerando su importancia en la economía y en la pesquería artesanal.

## OBJETIVOS

### Objetivo General

Evaluar la concentración de cadmio y plomo en quelas y hepatopáncreas de *C. setosus* (cangrejo peludo) y *P. orbigny* (cangrejo violáceo) de la bahía de Huarmey, Ancash-Perú.

### Objetivos específicos

- Evaluar las concentraciones cadmio (Cd) en las quelas y hepatopáncreas de *C. setosus* y *P. orbigny* de en la bahía de Huarmey, Ancash-Perú.
- Evaluar las concentraciones plomo (Pb) en las quelas y hepatopáncreas *C. setosus* y *P. orbigny*, que habitan en la bahía de Huarmey, Ancash-Perú.
- Evaluar la concentración de cadmio (Cd) y plomo (Pb) en el agua y el sedimento de la bahía de Huarmey, Ancash-Perú.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### Área de estudio

El presente trabajo se realizó en el puerto de Huarmey ubicado al sur de la ciudad de Casma, en el departamento de Ancash. Se consideraron 2 estaciones de muestreo tomadas como referencias del estudio de Guzmán (2014) considerando que sólo se encontró organismos, como cangrejos, solamente en 2 estaciones (Tabla 1). La estación 1 (E1), se encuentra aproximadamente a 200 m del muelle desembarcadero de Antamina y la distancia entre la estación E1 y E2 es de 100 m aproximadamente.

Tabla 1. Coordenadas de las estaciones de muestreo en la bahía de Huarmey.

Estación	Coordenadas	Profundidad (metros)
E 1	10°05'53''S, 78°10'39''W	7.20
E2	10°05'54''S, 78°10'41''W	8.80

#### Colecta de las muestras

Las muestras de cangrejos de las especies *C. setosus* y *P. orbigny* se colectaron en 5 muestreos mensuales durante el periodo que se realizaron durante los meses comprendidos entre Enero y Mayo del 2016, en dos estaciones de la bahía de Huarmey (Fig. 1, Tabla 1). La recolección se realizó por buceo, utilizando cuadrantes de fierro de 1m x 1m. Se obtuvo un total de 50 muestras entre las dos especies de cangrejo. Cada muestra fue rotulada y transportada al laboratorio en bolsas de polietileno, dentro de una caja hermética con hielo (4°C) para evitar su degradación (Fig. 2). Asimismo, se colectó una muestra del sedimento (500 g) y una de agua (500 mL) en el fondo en cada estación de muestreo.



Figura 1. Estaciones (E<sub>1</sub> y E<sub>2</sub>) de muestreo en la bahía de Huarney, Ancash-Perú (imagen tomada de Google Earth 2019).



Figura 2. Muestras de *C. setosus* y *P. orbigny* recolectadas en la bahía de Huarney para el análisis de metales pesados.

### **Determinación de metales pesados**

Para la determinación de las concentraciones de plomo se empleó un espectrofotómetro de absorción atómica marca Buck Scientific 210 VGP de  $\pm 0.01$  ppm de sensibilidad, empleando el método de llama. Las concentraciones se estimaron en ppm (partes por millón) (Fig. 3A). Para la determinación de las concentraciones de cadmio se empleó el espectrofotómetro de absorción atómica acoplado a un horno de grafito, y estas concentraciones fueron estimadas en ppb (partes por billón) (Fig. 3B).



Figura 3. Espectrofotómetro de absorción atómica marca Buck Scientific.

### **Procedimiento y análisis de metales en Sedimentos**

Se procedió a colocar las muestras de sedimento sobre bolsas de polietileno, esparciéndolas sobre estas dejándolas al ambiente por dos días. Posteriormente, fueron puestas en la estufa a una temperatura de  $100^{\circ}\text{C}$  para su completo secado.

Una vez que las muestras estuvieron secas, se procedió a disgregarlas con la ayuda de un mortero hasta obtener un polvo fino, el mismo que fue tamizado a través de tamices de 250, 125 y  $71\ \mu\text{m}$ . Entre cada muestra tamizada, los tamices fueron lavados con alcohol para eliminar residuos

Las muestras tamizadas fueron colocadas en cápsulas de porcelana debidamente rotuladas con el nombre de las estaciones y fueron llevadas nuevamente a la estufa a una temperatura de  $100^{\circ}\text{C}$  durante 1 hora para eliminar la humedad. Finalmente se procedió a pesar  $0,5\text{g}$  de la muestra dentro de un buco de ensayo, utilizando una balanza de precisión marca Precisa de  $\pm 0.001\ \text{g}$  de sensibilidad.

Para digerir las muestras, se utilizó  $10\ \text{mL}$  de ácido nítrico concentrado a cada tubo de ensayo incluido el blanco. Luego, se procedió a sellar los tubos con un tapón interno y cubriendo con cinta de teflón y fueron puestos en baño maría a  $100^{\circ}\text{C}$  por una hora.

Pasado este tiempo se retiró los tubos dejándolos enfriar por 15 minutos y luego se filtró el contenido en un matraz de 100 mL, enjuagando con agua destilada para eliminar la materia orgánica de las paredes del tubo. Una vez filtrada la muestra, se aforó el matraz con agua destilada y finalmente homogenizó, posteriormente las muestras fueron llevadas espectrofotómetro.

### **Procedimiento y análisis de metales en Organismos**

El análisis de los metales pesados se basó en la metodología previamente reportada por Guzmán (2014), en la cual, se procedió a separar el tejido blando de cada muestra, tanto de quelas y hepatopáncreas de cada especie por separado, y se lo colocó en cápsulas de porcelana, posteriormente, se pesó 0.5 g de la muestra y se dejó secar en estufa a 100° C. Posteriormente, el tejido fue triturado en seco y el mismo fue colocado en un tubo de ensayo de 20 mL y se añadió 14 mL de ácido nítrico concentrado a cada una de las muestras y se tapó para dejar digerir la muestras el cual se dejó hasta por dos días. Luego se le añadió 10 mL de ácido nítrico concentrado a cada tubo de ensayo incluido el blanco, para observar presencia o ausencia de efervescencia terminar agitando; finalmente, se procedió a sellar los tubos con un tapón interno y cubriendo con cinta de teflón, las muestras fueron llevadas a Baño María a 100 °C por una hora, pasado este tiempo se retiraron los tubos dejándolos enfriar por 15 minutos y luego se filtró el contenido en un matraz de 100 mL, enjuagando con agua destilada para eliminar la materia orgánica de las paredes del tubo una vez filtrada la muestra se aforó con agua destilada y finalmente se homogenizó (Fig. 4).

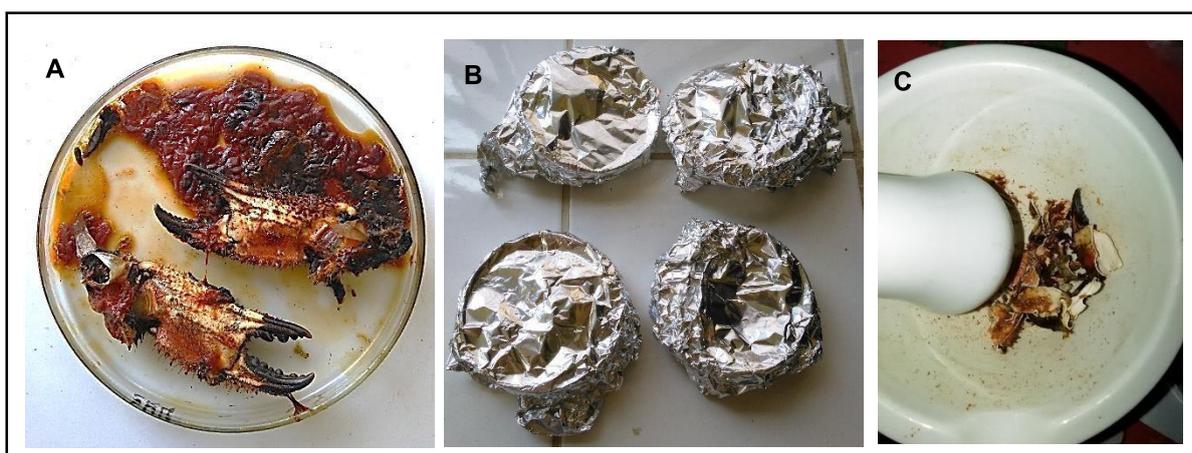


Figura 4. Preparación de las muestras de *C. setosus* y *P. orbigny* para la determinación de plomo y cadmio. A) Extracción de quelas. B) Secado. C) Homogenizado.

### Análisis de metales en el agua

Para determinar la presencia de metales pesados (cadmio y plomo) en las muestras de agua de cada estación, se empleó el método de espectrofotometría de absorción atómica por llama, empleando para ello el método antes descrito.

### Curvas de Calibración

Antes de empezar a leer la concentración de las muestras se calibró el equipo con estándares del elemento a cuantificar. Posteriormente, con estos valores se construyó una curva de calibración para determinar las concentraciones de plomo y cadmio en ppm (Fig. 5 y 6).

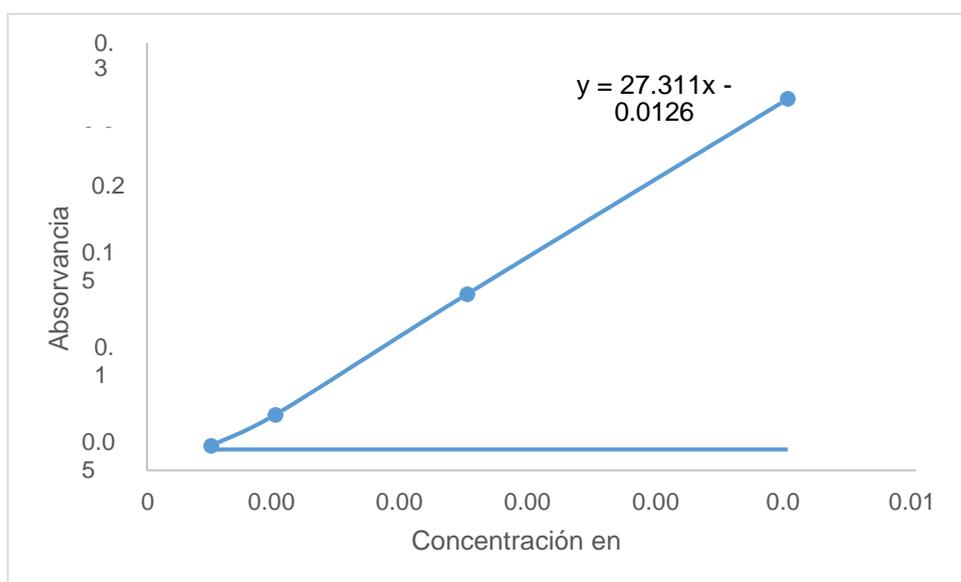


Figura 5. Curva de Calibración para cadmio.

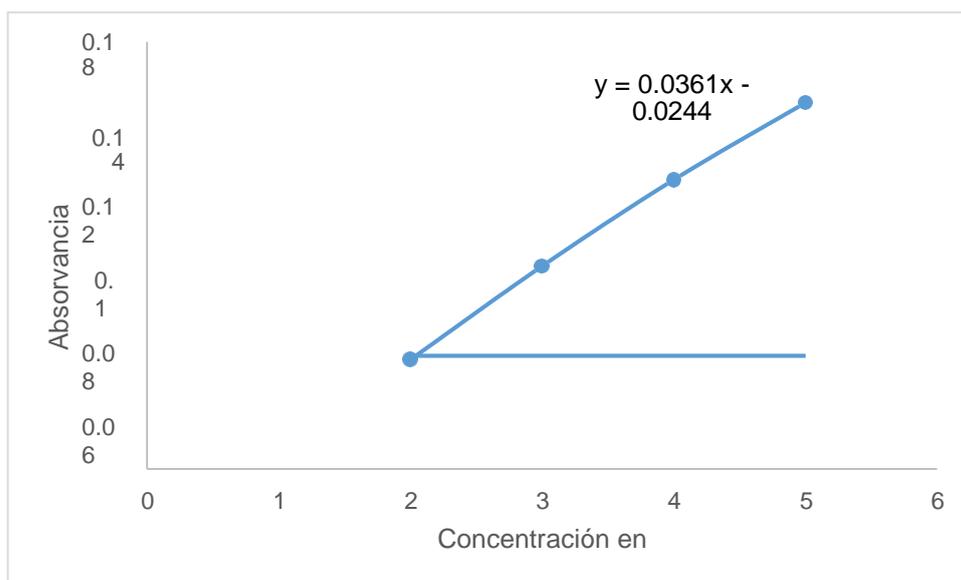


Figura 6. Curva de Calibración para plomo.

### **Lectura de las muestras**

Las lecturas de las muestras se realizaron en el espectrofotómetro de Absorción Atómica. Calibrado el equipo, se procedió a realizar las lecturas del blanco y las muestras. Las unidades de lecturas fueron tomadas en absorbancia. Los cálculos se realizaron en Excel 2018, aplicando la siguiente fórmula:

Para cadmio:

$$\text{Concentración (ppb)} = (\text{Abs.} + 0.0126) / 0.0273$$

Para plomo:

$$\text{Concentración (ppm)} = (\text{Abs.} + 0.0244) / 0.0361$$

### **Análisis estadístico de los resultados**

Los resultados obtenidos fueron sometidos a las fórmulas obtenidas de la curva de calibración, además de un Análisis de Varianza (ANOVA) para establecer diferencias entre las concentraciones de los metales de las muestras ( $p < 0.05$ ). Los programas Microsoft Office Excel 2010 y el SPSS versión 21 para Windows 7 fueron usados en el análisis de los datos.

#### IV. RESULTADOS

Durante el periodo de muestreo (Enero – Mayo, 2016), se colectaron un total de 50 muestras de cangrejo en la bahía de Huarmey, 37 de *C. setosus* y 13 *P. orbigny* (Fig. 7). Los análisis de absorción atómica permitieron cuantificar la cantidad de plomo (Pb) y cadmio (Cd), tanto en las quelas y hepatopáncreas de las muestras. La mayor concentración promedio de cadmio se registró en los hepatopáncreas de *P. orbigny* (0.003383 ppb  $\pm$ 0.000158 ppb), sin embargo, no se observó diferencia estadística significativa ( $p>0,05$ ) con respecto a la concentración encontrada en quelas (0.003265  $\pm$ 0.000144 ppb). Además, estos valores son similares estadísticamente a los determinados en los hepatopáncreas y quelas de *C. setosus* (0.003314  $\pm$ 0.000164 y 0.00323  $\pm$ 0.000157, respectivamente) (Tabla 2).

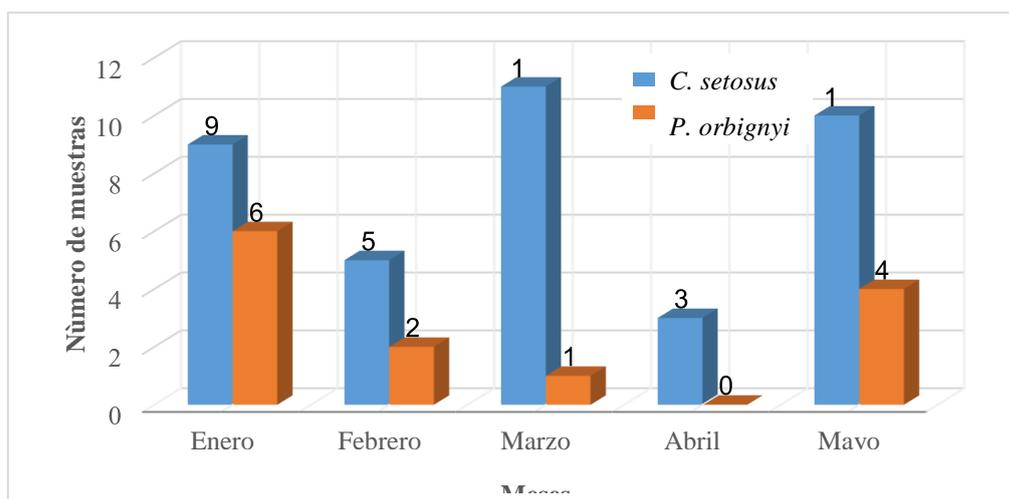


Figura 7. Especies colectadas durante el muestreo (Enero – Mayo) en la bahía de Huarmey, Ancash en el 2016.

Los niveles mínimos y máximos de cadmio registrados en los hepatopáncreas de *P. orbigny* fueron de 0.003062 y 0.003538 ppb, denotando una concentración relativamente uniforme en todas las muestras, independientemente de la zona de muestreo. La concentración de cadmio en los hepatopáncreas de *C. setosus* en promedio fluctuó entre 0.002879 y 0.003538 ppb, estando en un rango más bajo en comparación a la registrada en los hepatopáncreas de *P. orbigny*. Además, no se observó diferencia estadística significativa ( $p>0,5$ ).

Tabla 2. Medidas estadísticas descriptivas del contenido de cadmio (ppb) en las poblaciones de *C. setosus* y *P. orbigny* de la bahía de Huarmey, Ancash.

Medidas Estadísticas	<i>C. setosus</i>		<i>P. orbigny</i>	
	H	Q	H	Q
Numero de datos	37	37	13	13
Valor mínimo	0.002879	0.002769	0.003062	0.003062
Valor máximo	0.003538	0.003502	0.003538	0.003465
Moda	0.003465	0.003209	0.003465	0.003062
<b>Promedio</b>	<b>0.003314<sup>a</sup></b>	<b>0.00323<sup>a</sup></b>	<b>0.003383<sup>a</sup></b>	<b>0.003265<sup>a</sup></b>
Desviación estándar	0.000164	0.000157	0.000158	0.000144

H = hepatopáncreas. Q = quelas.

Letras diferentes e una misma fila indican diferencia estadística significativa a un nivel de  $p > 0.05$ .

Mientras que, los valores de cadmio observados en las quelas de *C. setosus* fluctuaron de 0.002769 a 0.003502 ppb, y en las quelas de *P. orbigny*, fluctuaron de 0.003062 y 0.003465 ppb, en tanto que los registros de cadmio en los hepatopáncreas fueron relativamente menores que en *P. orbigny*.

En relación a la concentración del plomo, los valores registrados para este metal son significativamente superiores (Tabla 3) en comparación al cadmio. En las hepatopáncreas de *C. setosus*, la concentración mínima fue de 1.079 ppm y la máxima de 3.441 ppm; lo cual denota una variación significativa. Por otro lado, el valor promedio de 1.355 ppm es menor en comparación al encontrado en las quelas de estos organismos (7.669 ppm).

Los niveles de plomo detectados en las quelas superan significativamente a los detectados en hepatopáncreas, tanto para *C. setosus* y *P. orbigny*, además, presentan una concentración más elevada, 2.3 veces más aproximadamente, en comparación al cadmio (Tabla 2 y 3.). Es importante indicar que en este grupo muestreado los niveles fluctuaron significativamente (de 3.17812 a 12.365 ppm en *C. setosus* y de 1.079 a 11.052 ppm en *P. orbigny*).

Tabla 3. Medidas estadísticas descriptivas del contenido de plomo (ppm) en las poblaciones de *C. setosus* y *P. orbigny* de la bahía de Huarney, Ancash.

Medidas Estadísticas	<i>C. setosus</i>		<i>P. orbigny</i>	
	H	Q	H	Q
Numero de datos	37	37	13	13
Valor mínimo	1.079	3.17812	1.079	1.079
Valor máximo	3.441	12.365	3.441	11.052
Moda	1.079	3.441	1.079	8.690
<b>Promedio</b>	<b>1.355<sup>a</sup></b>	<b>7.669<sup>b</sup></b>	<b>1.785<sup>a</sup></b>	<b>7.035<sup>b</sup></b>
Desviación estándar	0.625	2.827	0.783	2.888

H = hepatopáncreas. Q = quelas.

Letras diferentes e una misma fila indican diferencia estadística significativa a un nivel de  $p > 0.05$ .

Similarmente a las concentraciones determinadas en los organismos, el plomo presenta una mayor disposición en los sedimentos en comparación a las concentraciones en el agua. La menor concentración de Pb en el sedimento fue registrada en el tercer muestreo, mes de Marzo (1.29 ppm) y la mayor en el primero, en Enero (1.51 ppm), en la estación 1 (E1), similar a la estación 2 (E2) en donde la menor concentración se encontró en el mes de Marzo y la mayor en Enero. Además, se evidencia que los niveles de plomo fluctúan a lo largo de las estaciones durante el periodo de muestreo (Fig. 8 y 9).

Por otro lado, se registró una concentración promedio de cadmio en los sedimentos menor a la del plomo (Fig. 10 y 11). Se observa que la menor concentración del metal se registró en el primer muestreo (0.0001 ppb) mientras que la mayor concentración es observada en el mes de Abril (0.0013 ppb) en la estación 1 (E1). El cadmio fue mayor en la estación 2 (E2), en donde la mayor concentración (0.001 ppb) es observada en el primer mes y la mayor (0.0005) en el último mes. Estos valores guardan relación con los valores de concentración de cadmio registrados en las muestras de *C. setosus*, tanto en hepatopáncreas como en quelas (0.003314  $\pm$  0.000164 y 0.00323  $\pm$  0.000157, respectivamente), en estas estaciones.

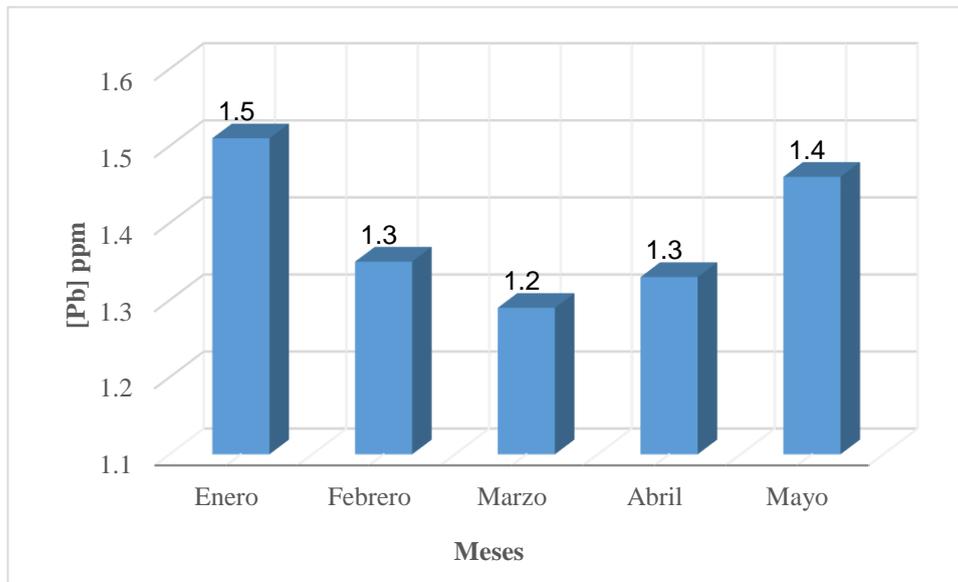


Figura 8. Concentración de plomo (ppm) en los sedimentos de la estación 1 (E1) durante los muestreos en la bahía de Huarmey, Ancash.

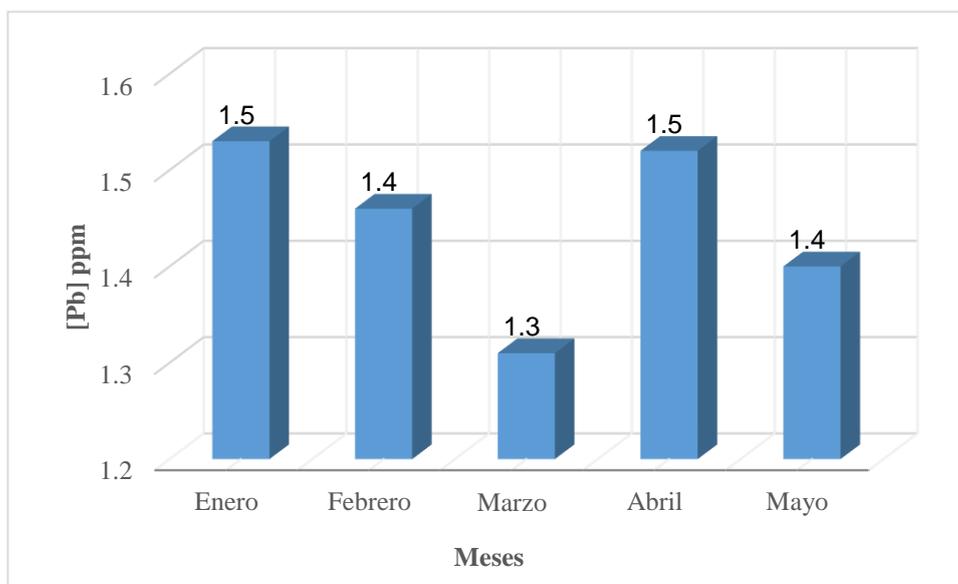


Figura 9. Concentración de plomo (ppm) en los sedimentos de la estación 2 (E2) durante los muestreos en la bahía de Huarmey, Ancash.

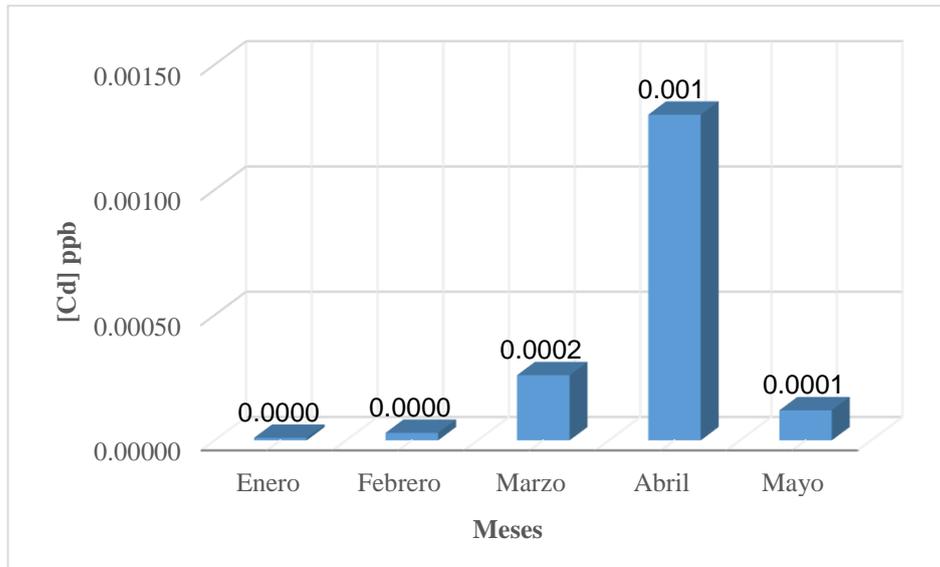


Figura 10. Concentración de cadmio (ppb) en los sedimentos de la estación 1 (E1) durante los muestreos en la bahía de Huarney, Ancash.

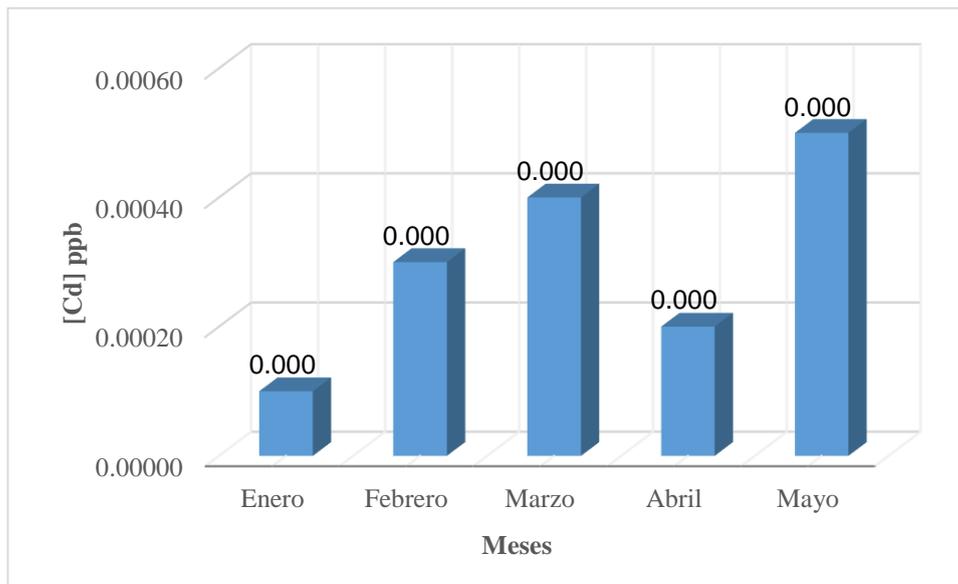


Figura 11. Concentración de cadmio (ppb) en los sedimentos de la estación 2 (E2) durante los muestreos en la bahía de Huarney, Ancash.

El análisis de concentración de metales pesados en el agua indica niveles por debajo de los obtenidos en los sedimentos. Esto es concordante con la acumulación natural, en donde los mayores niveles de contaminantes suelen encontrarse en los fondos (Calderón *et al.*, 2012). Los niveles de plomo en la estación 1 fluctuaron de 0.002 a 0.004 ppm (Fig. 12), siendo menor a los encontrados en los sedimentos en este mismo punto de

muestreo. En la estación 2, los niveles de plomo varían de 0.002 a 0.004 ppm (Fig. 13). A pesar de que estos valores son inferiores a los encontrados en los sedimentos, superan las concentraciones registradas en la estación 1, indicando que existe cierto grado de perturbación y ello puede ser debido a que esta estación se ubica cerca de la zona de trasvase del mineral, desde las embarcaciones que lo transportan, proveniente de la minera Antamina.

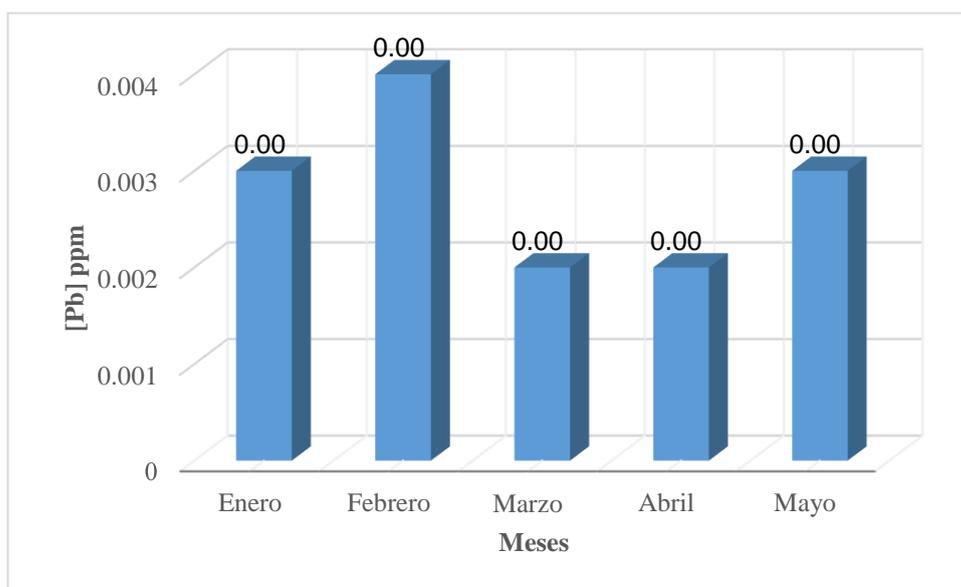


Figura 12. Concentración de plomo (Pb) en el agua de la estación 1 (E1) de la bahía de Huarney durante el muestreo.

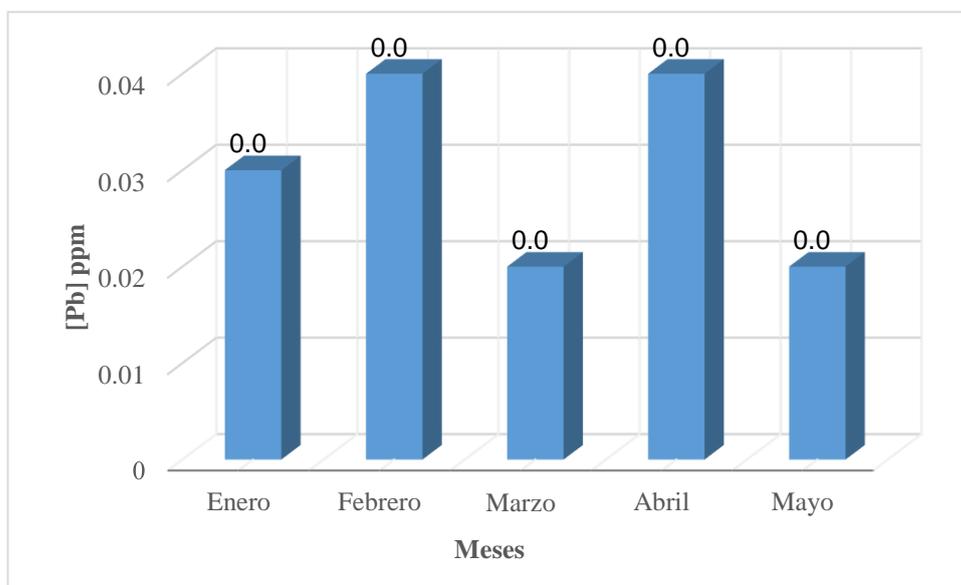


Figura 13. Concentración de plomo (Pb) en el agua de la estación 2 (E2) de la bahía de Huarney durante el muestreo.

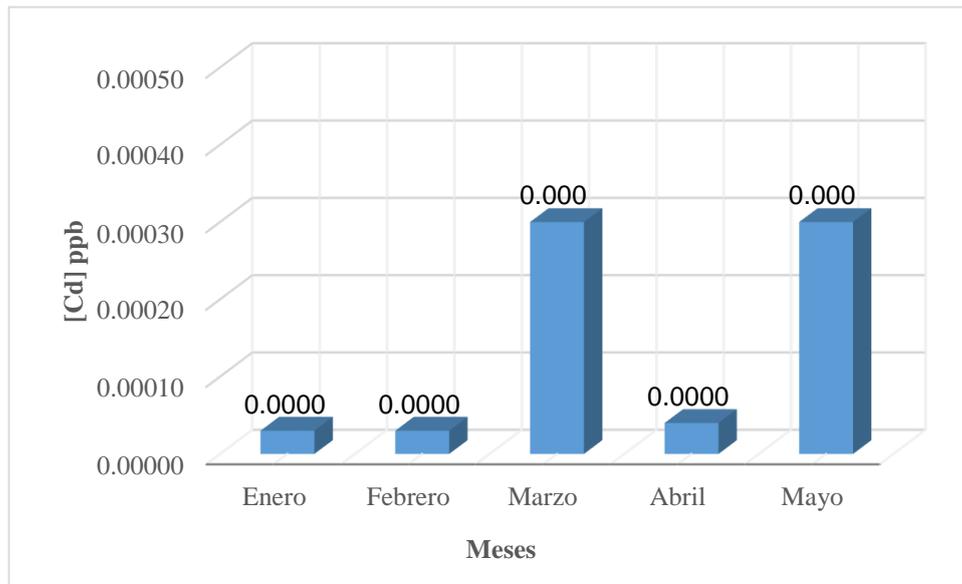


Figura 14. Concentración de cadmio (Cd) en el agua de la estación 1 (E1) de la bahía de Huarney durante el muestreo.

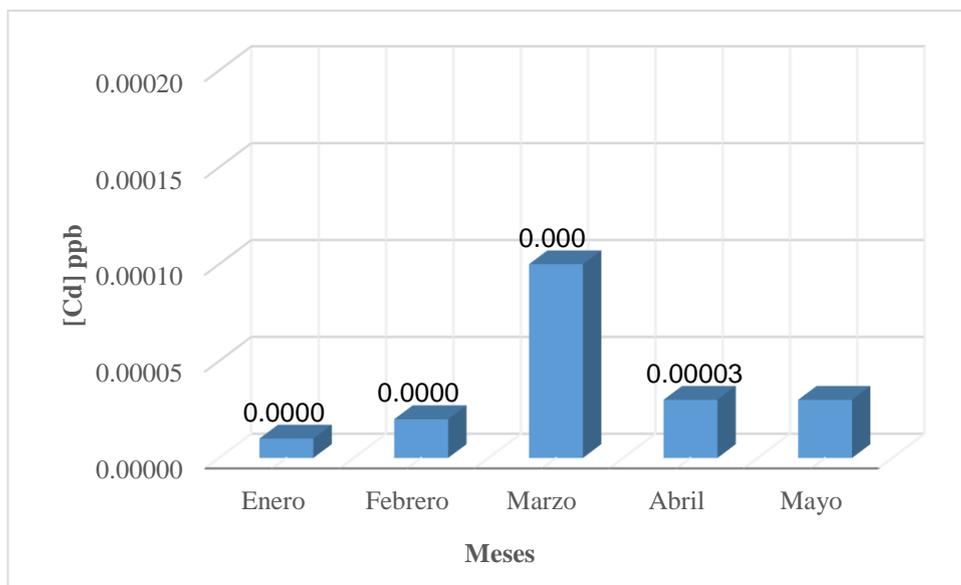


Figura 15. Concentración de cadmio (Cd) en el agua de la estación 2 (E2) de la bahía de Huarney durante el muestreo.

Finalmente, se observó que la concentración de cadmio en el agua fluctuó entre 0.00003 y 0.00004 ppb en la estación 1, mientras que en la estación 2 fue menor y fluctuó de 0.00001 a 0.0001 ppb (Fig. 14 y 15). Estos valores son inferiores a los registrados en el sedimento de las estaciones, sin embargo, denotan la presencia de metales pesados por el proceso de la actividad minera que se desarrolla cercanamente.

## V. DISCUSIÓN

Los metales pesados, como elementos químicos altamente contaminantes, afectan severamente los ecosistemas marinos (Zhao *et al.*, 2018). En la actualidad, diversos estudios indican una alta acumulación de metales pesados en organismos acuáticos (Yipel *et al.*, 2019; Corales-Ultra *et al.*, 2019; Mohsen *et al.*, 2019), y particularmente en cangrejos (Zhang *et al.*, 2019; Karar *et al.*, 2019; Noor y Asmat, 2019), recursos pesqueros de importancia por ser de consumo humano directo.

En el caso de *Carcinus maenas* “cangrejo verde europeo”, se ha observado que exposiciones a metales como cobre, por debajo de las letales (<1.9 ppm) y por periodos largos (17 días aproximadamente), permiten que estos organismos se aclimaten y puedan reducir las concentraciones del metal en niveles bajos en la hemolinfa (Truchot y Rtal *et al.*, 1998). Este proceso, relacionado con la bioacumulación, podría estar ocurriendo en las especies muestreadas, ya que los resultados de las concentraciones de metales pesados son cercanas a las mencionadas en el estudio, en donde los niveles fueron inferiores a la concentración letal (<2.15 ppm) (Deshai *et al.*, 2012) en los hepatopáncreas de ambas especies (1.355 ±0.624 en *C. setosus* y 1.785±0.783 en *P. orbigny*), sin embargo, las concentraciones de este metal, estuvieron por encima de las letales en las quelas de las muestras (7.669 ±2.827 en *C. setosus* y 7.035±2.888 en *P. orbigny*) (Tabla 3), sugiriendo que estos organismos tienden a bioacumular los metales en estos tejidos.

Estos organismos se encuentran expuestos a la contaminación de metales pesados por sus características nutricionales *per se*, ya que se alimentan principalmente del detritus orgánico en el bentos. Como es el caso de *Thalamita crenata* “cangrejo nadador de manglar”, en el cual se identificó una relación entre la concentración de metales pesados en su musculatura con la concentración en su dieta (Hosseini *et al.*, 2014). Basado en ello, se infiere que la concentración del plomo presente en los sedimentos, estaría ocasionando la acumulación de este metal dentro de las especies *C. setosus* y *P. orbigny*, así como, los niveles de cadmio, los cuales fueron significativamente bajos tanto en el agua, los sedimentos y en las muestras.

Por otro lado, se ha observado que especies en diferentes niveles tróficos pueden presentar variaciones en la concentración de metales pesados. En general, existe mayor

acumulación de estos contaminantes en organismos que se encuentra en niveles tróficos superiores; siendo en un orden de la siguiente manera: fitoplancton, zooplancton, peces y crustáceos (Zhang *et al.*, 2016). Asimismo, la disposición de los metales pesados en organismos acuáticos está relacionada directamente con el tamaño de estos organismos (Canli y Atli, 2003), debido a que el mayor tamaño implica un mayor consumo de alimento; en ese sentido, las concentraciones de plomo y cadmio determinados en las especies estudiadas estarían relacionadas con su nivel trófico (crustáceos).

La capacidad de bioacumulación también se relaciona a la forma de adquisición de las sustancias tóxicas. Las especies bentónicas y filtradoras, particularmente, representan el grupo de individuos con mayor capacidad de bioacumular metales pesados y otras sustancias tóxicas (Jara-Marini *et al.*, 2013). Los decápodos acuáticos, por su parte, acumulan los metales del detrito ubicado en el bentos (fondo marino), o bien pueden acumular metales mediante el consumo de otras especies con concentraciones de metales pesados considerables (Clark, 1992). Es importante mencionar que, si bien se ha determinado que el plomo presentó mayor concentración en las quelas de los cangrejos, *C. setosus* y *P. orbigny*, su concentración varió significativamente entre las muestras recolectadas. Ello sugiere que este metal fluctuó dinámicamente entre las estaciones del año, lo cual puede deberse al desarrollo de ciertas actividades antropogénicas durante periodos específicos del año, como vertimientos de aguas residuales, que condicionan la presencia de estos contaminantes (Caviedes *et al.*, 2015).

El cadmio puede presentar concentraciones de hasta 3.89 ppm, disminuyendo progresivamente con la profundidad de la bahía (hasta los 22 m.); por otro lado, el plomo se acumula mayormente en las áreas cercanas a la línea de orilla, y disminuye progresivamente con la profundidad, siendo frecuentes concentraciones entre 5.65 hasta 9.88 ppm (IMARPE, 2008).

En este estudio se reportó concentraciones de cadmio (0.0012 ppb) y plomo (1.53ppm) en sedimentos, a una profundidad que oscila entre los 7.20 m a 8.80m según corresponde la (Tabla 1.), esta tendencia indica un patrón similar en los muestreos realizados, aunque son inferiores a las reportadas por IMARPE. Además, estas

muestras de cangrejos están localizadas en estaciones cercanas, presentando concentraciones bajas de cadmio en quelas y hepatopáncreas, así también, los niveles de plomo en hepatopáncreas son bajos. A diferencia de esto, la concentración del plomo en las quelas de los cangrejos fue mayor, lo que indica cierto grado de contaminación por este metal.

Otras investigaciones sugieren que la cantidad de los metales pesados en estos organismos está determinada por las condiciones y factores físico-químicos del medio ambiente, así como su incorporación a los tejidos de los organismos y su dinámica en el medio ambiente. Estudios realizados por Karar *et al.* (2019) indican que la salinidad del medio presenta un rol fundamental para la acumulación de cobre (Cu). La dinámica de las corrientes también cumple un papel importante en la presencia de los metales en el ambiente y por consiguiente su bioacumulación (Meyerson *et al.*, 1981).

De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio, las concentraciones cadmio y plomo en el agua estuvieron por debajo de lo encontrado en los sedimentos. Si bien se ha demostrado la relación entre la concentración de los metales pesados en los organismos con las concentraciones determinadas en el sedimento, principalmente plomo, estas pueden también estar siendo alteradas por la dinámica de transporte y circulación de estos elementos (Yeats, 1988), ello puede explicar las bajas concentraciones de los plomo y cadmio en el agua de la bahía de Huarmey. En ese sentido, resulta lógico suponer que fenómenos relacionados con la variación de estos factores durante el periodo de muestreo pudieron ser los responsables de la variación de la acumulación de los metales pesados en las especies investigadas.

Algunos metales, como Zn y Mg, son necesarios para procesos biológicos fundamentales (White y Rainbow, 1985), mientras que metales como el Pb y Cd resultan altamente tóxicos. Metales pesados como plomo y cadmio han sido identificados en los tejidos de los hepatopáncreas y quelas de cangrejos *C. setosus*, presentando concentraciones de cadmio y plomo 1.2 y 0.5 ppm, respectivamente, en la bahía de Huarmey (Jacinto y Aguilar, 2007); sin embargo, estos niveles son inferiores a los determinados para el plomo. Guzmán (2014), reportó concentraciones de cobre de 78.54 ppm en *P. orbigny* y 110.70 ppm en *C. setosus*; si bien en este estudio no se ha considerado la determinación de este metal, los resultados de esta investigación

sugieren un alto grado de perturbación por metales pesados, lo cual estaría relacionado a las actividades mineras aledañas y a sus vertimientos cercanos al muelle de esta bahía.

Los hepatopáncreas de estos organismos cumplen un rol biológico vital en la acumulación de metales pesados, ya que estos órganos son biológicamente muy activos para el secuestro de metales pesados (Alcorlo *et al.*, 2008). Esto es consistente con lo expuesto por Morales (1983), quien señala una función más activa del hepatopáncreas para la acumulación de metales pesados, sin embargo, en la investigación realizada en Huarmey, no se ha determinado una diferencia estadística significativa para los promedios ( $p > 0,5$ ). No obstante, se evidencia que en *C. setosus*, existe una mayor acumulación en las quelas, en comparación de los hepatopáncreas. Aunque estos resultados ocurren con poca frecuencia en algunas muestras, puede estar atribuido a regiones específicas de la bahía en la que se acumulan los metales pesados.

En otros ecosistemas, se ha determinado también concentraciones de plomo en las hepatopáncreas, las cuales tienden a ser mayores cuando los ambientes son perturbados. En *Ucides occidentalis* “cangrejo rojo”, se reportó concentraciones de plomo y cadmio cercanas a 0.50 ppm en los hepatopáncreas, asimismo, se determinó la concentración de estos elementos en los sedimentos cuyos valores fueron de 2.73 y 11.853 ppm, para el cadmio y plomo respectivamente (Siavichay, 2013). En *Procambarus clarkii* “cangrejo americano”, se ha estimado concentraciones de 0.15 ppm de cadmio y 0.275 ppm de plomo, posteriormente de un evento de contaminación por vertimientos de efluentes procedentes de actividades mineras, observando una correlación entre los caudales vertidos y la concentración de los metales pesados en los tejidos de los cangrejos (Alcorto *et al.*, 2008).

Los resultados en las investigaciones mencionadas, específicamente en cangrejo americano, indican una concentración baja de metales pesados, comparado a lo establecido por SANIPES (2016), que es de 1 ppm, sin embargo, las concentraciones de cadmio son cercanas a estas. Por otro lado, en nuestro estudio, el plomo en algunos casos llega a triplicar el valor registrado para las muestras de la bahía de Huarmey, con respecto a lo previamente reportado, ello sugiere que este ecosistema presenta cierto grado de perturbación por este elemento o que los metales pesados son acumulados sobre los sedimentos.

Por su parte, Sánchez (2017), reportó cangrejos contaminados con concentraciones de 1.27 ppm de plomo en los ríos de Cuenca, Ecuador; sin embargo, estimó que estas concentraciones son poco frecuentes (solo en 2 muestras) y que por consiguiente no representan un riesgo para la población. En localidades con alta exposición las concentraciones pueden ser mayores. Feys (2013), en Puerto Bolívar, Ecuador, analizó cangrejos de la especie *Ucides occidentalis*, encontrando que la concentración de plomo puede variar entre 37.26 hasta 43.10 ppm, mostrando una marcada diferencia con los resultados obtenidos en las especies analizadas en este estudio. Todo sugiere que la acumulación del plomo en la bahía de Huarmey es gradual y no ha alcanzado niveles alarmantes en comparación con otras regiones, sin embargo, los organismos que habitan estos ecosistemas son susceptibles de contaminarse por metales pesados.

La determinación de los metales pesados en el agua y en los sedimentos permitieron establecer una relación directa con las especies estudiadas, *C. setosus* y *P. orbigny*, fundamentalmente con los sedimentos; debido a que se observa que a mayor disposición de metales en los sedimentos la acumulación en los organismos es mayor. Sin embargo, estudios previos realizados por Jacinto y Aguilar (2007), indicaron que los niveles de plomo eran menores a los de cadmio (0.5 ppm), encontrándose muy por debajo de las concentraciones determinadas en las quelas y hepatopáncreas de *C. setosus* y *P. orbigny*; ello supone que, desde este estudio a la fecha, la disposición de este metal viene en aumento.

En relación a las características morformétricas de los cangrejos, Cogun *et al.* (2017), determinaron que la medida (talla) de *Callinectes sapidus*, "cangrejo azulado", no está relacionada con el nivel de bioacumulación de cadmio y plomo, siendo la bioacumulación más relevante en ambientes en donde la exposición a estos contaminantes es mayor; asimismo, determinaron que la mayor disposición de plomo en los ecosistemas permite mayor bioacumulación en los hepatopáncreas de estos organismo, independientemente del tamaño de las muestras. Por su parte, Freeman y Ovie (2017), sugieren que la distribución espacial de los metales en los ecosistemas es el factor que determina la bioacumulación, concordando con lo mencionado anteriormente, pudiendo variar con las estaciones, en donde *Callinectes amnicola*, "cangrejo azulado", tiende a bioacumular metales pesados en las temporadas de sequías.

En este estudio se pudo observar la relación morfométrica de los cangrejos en estudio *C. setosus* y *P. orbigny*, tuvieron relación mínima ya que se encontró mayor concentración de cadmio y plomo a nivel de quelas, diferente a lo obtenido en hepatopáncreas que fue menor, sin embargo se pudo observar mayor relación con el medio, ya que en los resultados se manifiesta que hubo una mayor concentración de cadmio y plomo en agua y sedimentos específicamente en la E2 (Fig.1) que es donde habitan dichos organismos y se encuentra cerca a lo que es el desembarcadero de punta lobitos en la Bahía de Huarmey.

La presencia de metales pesados en la bahía de Huarmey también puede relacionarse a fenómenos extraordinarios, ya que se conoce que procesos naturales, como inundaciones, drenaje y corrientes subterráneas, pueden ocasionar el desplazamiento de contaminantes, del continente hacia el mar (Visser *et al.*, 2012). Sin embargo, considerando que en el año 2016 se incrementaron las lluvias en la zona costera del Perú, como resultado del calentamiento global, y por consiguiente el nivel del caudal de los ríos y el volumen del agua que llega a los estuarios, se puede relacionar los bajos niveles de cadmio y plomo registrados a estos eventos. En tal sentido, la presencia de lluvias e inundaciones en la zona costera pudo contribuir a la movilización de estos contaminantes hacia los fondos marinos o hacia mayores latitudes por efecto de las corrientes; sin embargo, más investigaciones en este campo necesitan ser realizadas para determinar su correlación.

La concentración de los metales pesados, como plomo y cadmio, determinan su aceptabilidad para el consumo humano directo, por lo cual resulta necesario el monitoreo periódico de estos contaminantes. Está establecido una concentración máxima permitida contenida en moluscos marinos bivalvos de  $2.0 \text{ mg Kg}^{-1}$  (2.0 ppm) de cadmio y para  $0.2 \text{ mg Kg}^{-1}$  de plomo (para recursos hidrobiológicos) (FAO, 2015), lo cual sugiere que las especie estudiadas presentan mayores concentraciones de metales pesados, principalmente para el plomo, en promedio. Asimismo, es de notar que el reporte realizado por Guzmán (2014), indica que en años anteriores la concentración de plomo fue menor (0.5 ppm), a comparación de la reportada en los hepatopáncreas y quelas de las dos especies (Tabla 3) en esta investigación, en donde se observa un incremento significativo (7.669 y 7.035 en los hepatopáncreas de *C. setosus* y *P. orbigny*), advirtiendo un grado de perturbación relevante para las especies de cangrejos y otras que habitan en el bentos.

De acuerdo a la normativa vigente, está establecido un LMP de plomo y cadmio de 0.5 ppm para los productos pesqueros del tipo crustáceos (SANIPES, 2016). En cuanto al cadmio, el LMP establecido en el Perú es mucho menor a los establecido por la FAO (2.0 ppm), mientras que para el plomo los LMP que establece la FAO son inferiores (0.2 ppm). En este contexto, las concentraciones de plomo en la bahía de Huarmey sobrepasan los LMP en nuestro país, concordando con otros reportes, como Chuquimarca (2015), que determinó niveles de plomo de 2.05 ppm y cadmio de 0.15 ppm en hepatopánceras de *Ucides occidentalis*, “cangrejo rojo”, en zonas de manglar; 37 además de los reportes de Loaiza *et al.* (2018), quienes reportaron niveles de cadmio de 1.0 ppm en *Romaleon setosum*, “cangrejo peludo”, en Piura. Sin embargo, se pudo observar que estas muestras presentaron una concentración elevada de plomo (Anexo 4 y 8) se sugiere que la contaminación por este metal puede darse en áreas específicas, o bien durante ciertas temporadas durante el año, por lo que el monitoreo periódico de estos contaminantes, tanto en organismos como en el agua y sedimentos, resulta necesario.

Por tanto, en este estudio, se determinó que estas concentraciones estuvieron dentro del rango para el cadmio, concordando con otros reportes, para ambas especies, *C. setosus* y *P. orbigny*., sin embargo, se identificó una alta concentración de plomo en las quelas de *C. setosus*, lo cual indica un grado de perturbación del ecosistema en la bahía de Huarmey, y, además, ello representa un potencial riesgo para su consumo humano.

## VI. CONCLUSIONES

- La concentración media de cadmio en las muestras fue de 0.003314 ppb en los hepatopáncreas y de 0.00323 ppb en las quelas de *C. setosus*, mientras que en *P. orbigny* estas fueron de 0.003383 ppb en los hepatopáncreas y de 0.003265 ppb en las quelas. Estas concentraciones se encuentran por debajo del LMP.
- El plomo presentó mayor concentración, siendo de 1.355 ppm en los hepatopáncreas y de 7.669 ppm en las quelas de *C. setosus* en promedio, mientras que en *P. orbigny* las concentraciones en hepatopáncreas fueron en promedio de 1.785 ppm en hepatopáncreas y de 7.035 ppm en quelas. Asimismo, se determinó que las concentraciones de plomo registrados superan los niveles reportados en estudios previos y los LMP determinados por la FAO (0.02 ppm Pb).
- Las concentraciones de los metales pesados cadmio y plomo en el agua fueron significativamente bajas (0.04 ppm y 0.0003 ppb, respectivamente), sin embargo, en los sedimentos se presentó una mayor concentración del plomo en la estación 2 en el mes de Enero (1.53 ppm), superando a lo establecido por SANIPES (1ppm), denotando así un alto grado de contaminación por este metal.

## VII. RECOMENDACIONES

- Extender los muestreos de las especies estudiadas durante todo el año para determinar la fluctuación de los metales pesados.
- Determinar otros factores, principalmente físico-químicos, que pudieran condicionar la bioacumulación de cadmio y plomo en estas especies.
- Ampliar el análisis de los metales pesados e incluir otros elementos tóxicos que también podrían estar presentes en el ambiente marino.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdur-Rahim G., I. B.ello, M. Oladipo y D. Adeoye. 2013. Removal of Cadmium from Waste-water by Adsorption Using the Husk of Melon (*Citrullus lanatus*) Seed. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research*. 2. 110.
- Amat P., A. Pierra, I. Casals y D. Vázquez. 2002. Estudio de la contaminación por metales pesados en sedimentos y ostiones de la bahía de Manzanillo, Cuba. *Revista de la Sociedad Química de México*, 46(4): 357-361.
- ATSDR. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 2005. Priority List of Hazardous Substances.
- Alarcón S. 2003. Determinación de elementos traza (Cd, Cu, Ni, Pb, Hg y As) en Agua de Mar y Sedimento de la bahía de Puerto Montt, año 2002. Tesis, Escuela de Química y Farmacia. Facultad de Ciencias. Universidad Austral de Chile. 84 pp.
- Albert L. 1997. Contaminación ambiental origen clases fuentes y efectos. Xalapa: Sociedad Mexicana de Toxicología.
- Alcorlo P., M. Otero, M. Crehuet, I. Lozano, A. Baltanás y C. Montes del Olmo. 2008. Seguimiento y bioacumulación de metales en las poblaciones de cangrejo americano (*procambarus clarkii*) del río Guadiamar después del vertido minero de Aznalcóllar. ISBN: 978-84-96776-05-0.
- Balls P., R. Lasslett y N. Price. 1994. Nutrient and trace metal distributions over a complete semi- diurnal tidal cycle in Forth estuary, Scotland. *Neth. J. of Sea. Res.*, 33(1): 1-17.
- Barraza M. 2018. Análisis cuantitativo de metales pesados en pescados para exportación a la Unión Europea. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Tesis de Licenciatura. 33 p.
- Besada V., González J. y Schultze F. 2006. Concentraciones de mercurio, cadmio, plomo, arsénico, cobre y zinc en atún blanco, rabil y patudo procedentes del Océano Atlántico. *Ciencias Marinas*, 32(2B): 439-445.

- Botello A., J. Rojas-Galaviz, J. Benítez y D. Zarate-Lomelí. 1996. Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnostico y tendencias. Universidad Autónoma de Campecha, México. EPOMEX Serie Científica 5.666.
- Calderón R. 2012. The Epidemiology of Chemical Contaminants of Drinking Water, Food Chem Toxicol; Suppl 38: 13-20.
- Canli M. y Atli G. 2003. The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species, Environmental Pollution, 121(1):129-136. .
- Castañe P., M. Topalian, R. Cordero y A. Salibian. 2003. Influencia de la especiación de los metales pesados en medio acuático como determinante de su toxicidad. Revista de Toxicología, año.vol. 20, No. 001. Asociación Española de Toxicología, Pamplona, España, pp. 13-18.
- Caviedes D., R. Muñoz, A. Perdomo, D. Rodríguez y I. Sandoval. 2015. Tratamientos para la Remoción de Metales Pesados Comúnmente Presentes en Aguas Residuales Industriales. Revista Ingeniería y Región, 13(1): 73-90.
- Claude R., G. Charles y H. Tjälve. 2001. Cadmium accumulation in the snow crab *Chionoecetes opilio*. Marine Ecology Progress Series, 224: 207–217.
- Chaiyaraa R., M. Ngoendeeb y M. Kruatrachuec. 2013. Accumulation of Cd, Cu, Pb, and Zn in water, sediments, and mangrove crabs (*Sesarma mederi*) in the upper Gulf of Thailand. ScienceAsia 39: 376–383.
- Chen C., Stemberger R., Klaue B., Blum J., Pickhardt P. y Folt C. 2000. Accumulation of heavy metals in food web components across a gradient of lakes. Limnol. Oceanogr., 45(7): 1525–1536.
- Chen Q, P. Xiao-Dong, H. Bai-Fen y J. Jian-Long. 2018. Distribution of metals and metalloids in dried seaweeds and health risk to population in southeastern China. Scientific Reports 3578, 8. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-21732-z>
- Chirichigno. N. 1970. Lista de crustáceos del Perú (Decapoda y Stomatopoda) con datos de su distribución geográfica. Instituto del Mar del Perú-Callao, Inf. 35: 1-95.

- Chuquimarca L. 2015. Contenido de metales pesados (Hg, Pb, Cd), en el tejido blando del quelípedo y hepatopáncreas del cangrejo rojo (*Ucides occidentalis*), en tres localidades del perfil costero de la provincia de el oro, 2014. Universidad Técnica de Machala. Tesis de licenciatura. 38 p.
- Clark R. 1992. Marine Pollution. 3rd ed., Clarendon Press, Oxford.
- Cogun H., T. Aytekin, G. Firidin, H. Varkal, O. Temiz y F. Kargin. 2017. Heavy Metals in the Blue Crab (*Callinectes sapidus*) in Mersin Bay, Turkey. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 98. 1-6. 10.1007/s00128-017-2086-6.
- Corales-Ultra O., Peja R. y Casas E. 2019. Baseline study on the levels of heavy metals in seawater and macroalgae near an abandoned mine in Manicani, Guiuan, Eastern Samar, Philippines, Marine Pollution Bulletin, 149:110549.
- Deshai R., B. Katore, V. Shinde y N. Ambore. 2012. The evaluation of toxic effect (LC 50) of endosulfan on female crab *Brytelphusa guerini*. Journal of Experimental Sciences 3(7): 01-03.
- Dima J. 2013. Procesamiento integral de las especies patagónicas de cangrejos marinos de valor comercial *Ovalipes trimaculatus* y *Platyxanthus patagonicus*. Universidad Nacional de la Plata. Tesis Doctoral. 244.
- Eróstegui P. y K. Romero. 2009. Contaminación por Metales Pesados. Rev Cient Cienc Méd 12(1): 45-46.
- Espinoza D. y S. Falero. 2015. 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 18(36): 35 – 41.
- Falusi B. y E. Olanipekun. 2007. Bioconcentration factors of heavy metals in tropical crab (*carcinus* sp) from River Aponwe, Ado-Ekiti, Nigeria. J. Appl. Sci. Environ. Manage. December, 11(4): 51 – 54.
- FAO. 2000. Límites máximos permitidos para residuos tóxicos y recuento microbiológico para los productos y subproductos de la pesca para el consumo

humano. Disponible en: <http://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC078194>

FAO. 2010. Visión General del Sector Pesquero Nacional Perú. Fishery and Aquaculture Country Profiles. Disponible en: [http://www.fao.org/tempref/FI/DOCUMENT/fcp/es/FI\\_CP\\_PE.pdf](http://www.fao.org/tempref/FI/DOCUMENT/fcp/es/FI_CP_PE.pdf)

FAO. 2015. Codex Alimenticio. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-a0369s.pdf>

FAO/SIDA. 1983. Manual de métodos del medio ambiente acuático. Parte 9. Análisis de la presencia de metales y organoclorados en los peces. FAO, Documento técnico de pesca / 212, 35pp.

Feys J. 2013. Niveles de cadmio y plomo en el exoesqueleto del cangrejo rojo (*Ucides occidentalis*) del Golfo de Guayaquil (Las Loras – Puerto El Morro – Chupadores) y Machala (Puerto Bolívar). Tesis de Licenciatura. 32.

Freeman O. y O. Ovie. 2017. Heavy Metal Bioaccumulation in Periwinkle (*Tympanostomus* Spp) and Blue Crab (*Callinectes amnicola*) Harvested from a Perturbed Tropical Mangrove Forest in the Niger Delta, Nigeria. Journal of Agriculture and Ecology Research International, 11(1): 1-12, 2017.

Galán E. y A. Romero. 2008. Contaminación de suelos por metales pesados. Revista de la Sociedad Española de Mineralogía. 48-60.

Ganoza F., J. Alarcón, C. Salazar, G. Chacón y R. Cornejo. 2014. Comportamiento y respuesta selectiva de la red manual chinchorro en Huarney-Áncash. Inf Inst Mar Perú, 41: 1-4.

Gil M., A. Torres, M. Harvey y J. Esteves. 2006. Metales pesados en organismos marinos de la zona costera de la Patagonia argentina continental. Revista de biología marina y oceanografía, 41(2):167-176.

Guião R., Araújo F., Farías M. y Seda A. 2002. Evaluation of Heavy Metals in Fish of the Sepetiba and Ilha Grande Bays, Rio de Janeiro, Brazil. Environmental Research Section A 89, 171-179. doi:10.1006/enrs.2002.4341

- Gutiérrez J. y Y. Zuñiga. 1976. Cancer setosus MOLINA en la Bahía de Mejillones del Sur (Crustacea, Decapoda, Brachyura). Rev. Biol. Mar. Oce., 16 (1): 1-25.
- Guzmán J. 2014. Cobre total en organismos bentónicos y su relación con acciones antrópicas y naturales. Universidad Nacional Federico Villarreal. Tesis de Maestría. 91 p.
- Hosseini M., Bagher S., Pazooki J. y Parsa Y. 2014. The Levels of Toxic Metals in Blue Crab *Portunus segnis* from Persian Gulf. J Marine Sci Res Dev, 4:1.
- Huancaré R. 2014. Identificación histopatológica de lesiones inducidas por bioacumulación de metales pesados en branquias, hígado y músculo de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) de cultivo en etapa comercial de la Laguna de Mamacocha, área de influencia minera, Cajamarca-Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Tesis de Licenciatura. 127.
- Hwang Y., S. Park, G. Park, S. Choi y M. Kim. 2010. Total arsenic, mercury, lead, and cadmium contents in edible dried seaweed in Korea. Food Additives and Contaminants: Part B, 3(1), 7–13. doi:10.1080/19440040903532079
- IMARPE. 2008. Evaluación ambiental en zonas marino costeras del Perú. 2002, 2003 y 2004. Vol 35 (1): 58.
- IMARPE. 2018. Seguimiento de la pesquería de los principales invertebrados marinos en la Costa Peruana durante 2015. Instituto del Mar del Perú, Informe 45(2): 139-165.
- INEI. 2014. Compendio Estadístico Perú 2014: Pesca. Disponible en [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1173/cap13/cap13.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1173/cap13/cap13.pdf)
- Jacinto M. y Aguilar S. 2007. Concentraciones traza de metales en especies marinas de la bahía de Huarmey, Ancash, Perú. Rev. Peru. biol. 14(2).
- Jakimska A., P. Konieczka, K. Skóra y J. Namieśnik. 2011. Bioaccumulation of Metals in Tissues of Marine Animals, Part I: the Role and Impact of Heavy Metals on Organisms. Polish Journal of Environmental Studies. 20. 1117-1125.

- Jara-Marini M., J. Tapia-Alcaraz, J. Dumer-Gutiérrez, L. García-Rico, J. García-Hernández y F. Páez-Osuna. 2013. Comparative bioaccumulation of trace metals using six filter feeder organisms in a coastal lagoon ecosystem (of the central-east Gulf of California). *Environ Monit Assess.* (2):1071-85. doi: 10.1007/s10661-012-2615-z.
- Jara-Peña E. 2017. Acumulación de metales pesados en *Calamagrostis rigida* (Kunth) Trin. ex Steud. (Poaceae) y *Myriophyllum quitense* Kunth (Haloragaceae) evaluadas en cuatro humedales altoandinos del Perú. *Arnaldoa*, 24(2), 583–598. doi:10.22497/arnaldoa.242.24210
- Karar S., Hazra S., Das S. 2019. Assessment of the heavy metal accumulation in the Blue Swimmer Crab (*Portunus pelagicus*), northern Bay of Bengal: Role of salinity, *Marine Pollution Bulletin*, 143:101-108. .
- Knutsen H., M. Wiech, A. Duinker y A. Maage. 2018. Cadmium in the shore crab *Carcinus maenas* along the Norwegian coast: geographical and seasonal variation and correlation to physiological parameters. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(4). doi:10.1007/s10661-018-6606-6
- Lara M. 2003. Origen, cantidad y destino de metales pesados en langostino del río Marabasco, México. Colima. Tesis Maestría en Ciencias, Universidad de Colima, México. 61p.
- León, I. 1995. Comportamiento y Distribución de los metales pesados (Fe, Cu, Cd, Mn, Cr, Ni, Zn y Pb), en la Cuenca Baja y Pluma del Río Manzanares (Cumaná – Venezuela). Trabajo de grado M.S en Ciencias Marinas. Instituto de Oceanografía de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, 214 pp.
- Loaiza I., M. De Troch y G. De Boeck. 2018. Potential health risks via consumption of six edible shellfish species collected from Piura – Peru. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 159, 249–260. doi:10.1016/j.ecoenv.2018.05.005
- Londoño-Franco L., P. Londoño-Muñoz y F. Muñoz-García. 2016. Los Riesgos De Los Metales Pesados En La Salud Humana Y Animal. *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* 14(2): 145-153.

- Massol A., E Díaz .2002. Metales pesados en el tejido del cangrejo violinista Ucapugnaxrapax Ciencia y Ecología: Viques en Crisis Ambiental Tercera Edición Metales Publicaciones Casa Pueblo.
- Mart L. y H. Nürnberg. 1985. The distribution of cadmium in the sea. *Cadmium in the Environment*, 50: 28-40.
- Mendo J., V. Valdivieso, C. Amashiro, E. Jurado, O. Moron y J. Rubio. 1987. Evaluación de la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en la bahía de Independencia, Pisco, Perú, 17 de Enero - 4 de Febrero de 1987. Informe Instituto del Mar del Perú, vol. 91, p. 1-64.
- Meyerson A, G Luther, J Krajewski & E Hires. 1981. Heavy metals distribution in Newark bay sediments. *Marine Pollution Bulletin* 12: 244-250.
- Milton A., J. Cooke y M. Johnson. 2004. A Comparison of Cadmium in Ecosystems on Metalliferous Mine Tailings in Wales and Ireland. *Water, Air, & Soil Pollution*, 153(1-4), 157–172. doi:10.1023/b:wate.0000019940.76065.
- Mohsen M., Q. Wang, L. Zhang, L. Sun, C. Lin y H. Yang. 2019. Heavy metals in sediment, microplastic and sea cucumber *Apostichopus japonicus* from farms in China. *Marine Pollution Bulletin*, 143:42-49. .
- Morales C., Y Antezana, T. 1983. Diet selection of the Chilean stone crab *Homalaspis plana*. *Mar. Biol.*, vol. 77, p. 79 - 83.
- Neff J. 2002. Cadmium in the Ocean. DOI - 10.1016/B978-008043716-3/50006-3
- Noor S. y Asmat S. 2019. Occurrence of heavy metals in sediment and their bioaccumulation in sentinel crab (*Macrophthalmus depressus*) from highly impacted coastal zone, *Chemosphere*, 221:89-98.
- Odum E. 1972. *Ecología*. Nueva Editorial Interamericana, Mexico.221 pp.
- OMS. 1999. Evaluación de ciertos aditivos alimentarios y contaminantes de los alimentos. 49° Informe del Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios. Serie de Informes Técnicos, No 884.

- Paredes M. 1998. Determinación de Metales Pesados en dos Especies de Bivalvos del Estuario de Valdivia y la bahía de Corral (XRegión) Mediante Análisis Electrotérmico. Tesis, Escuela de Biología Marina. Facultad de Ciencias. Universidad Austral de Chile. 57 pp.
- Percin M. y I. Ali. 2016. Heavy Metal Contents in Blue Swimming Crab from the Northeastern Mediterranean Sea, Mersin Bay, Turkey. *Pol. J. Environ. Stud*, 25(5): 2233-2237.
- Perea M. 1782. Estudio de la biología reproductiva del "cangrejo peludo", *Cancer setosus* Molina (Crustáceo: Decapoda: Cancridae) en la zona de Pisco. In Facultad de Ciencias Biológicas. Lima: Universidad Ricardo Palma, 1998, vol. Tesis Título Profesional, p. 66.
- Rainbow P. 1997. Ecophysiology of trace metal uptake in crustaceans. *Estuarine, coastal and shelf science*, 44:169-175.
- Rubio K. 1996. Interpretación de tendencias históricas de contaminación por metales pesados testigos de sedimento de la Ría de Pontevedra *Thalassas* 12:137-152.
- Sánchez A. 2017. Determinación de la concentración de plomo y arsénico presente en el tejido blando del cangrejo que se expende en el mercado El arenal de la ciudad de Cuenca. Tesis de Maestría. 34.
- SANIPES. 2016. Resolución N°057-2016-SANIPES-DE. Disponible en: [http://www.sanipes.gob.pe/procedimientos/6\\_R\\_DE\\_N\\_057\\_2016\\_A1.pdf](http://www.sanipes.gob.pe/procedimientos/6_R_DE_N_057_2016_A1.pdf)
- Schulz-Baldes M., E. Rehm y B. Prause. 1983. "The impact ocomplexed heavy metals upon a wadden sea environment as tested bfield experiments with the Bremerhaven caisson". *WaterSciTechnol* 1(4-5): 346.
- Shi W., X. Zhao, Y. Han, Z. Che, X. Chai y G. Liu. 2016. Ocean acidification increases cadmium accumulation in marine bivalves: a potential threat to seafood safety. *Scientific Reports*, 6(1). doi:10.1038/srep20197
- Shi W., Y. Han, X. Guan, J. Rong, X. Du, S. Zha y G. Liu. 2019. Anthropogenic Noise Aggravates the Toxicity of Cadmium on Some Physiological Characteristics of the

- Blood Clam Tegillarca granosa. *Frontiers in Physiology*, 10. doi:10.3389/fphys.2019.00377
- Shugart L. 1994. Biological Monitoring. En: Renzoni, Mattei, Lari and Fossi (Eds.) *Contaminants in the Environment*: 29 – 36.
- Siavichay B. 2013. Determinación de cadmio y plomo en el tejido blando, hepatopáncreas del cangrejo rojo (*Ucides occidentalis*) y sedimento de la reserva ecológica manglares churute. Universidad de Guayaquil. Tesis de Licenciatura. 32.
- Tchounwou P., C. Yedjou, A. Patlolla y D. Sutton. 2012. Heavy Metal Toxicity and the Environment. *Molecular, Clinical and Environmental Toxicology*, 133–164. doi:10.1007/978-3-7643-8340-4\_6
- Tortorelli M. y D. Hernández. 1995. Calidad de Agua de un Ambiente Acuático Sometido a Efluentes Contaminantes. *Ecosistemas de Aguas Continentales*. Tomo I. Ediciones Sur. La Plata – Argentina. 217-230.
- Truchot J y Rtal A. 1998. Effects of long-term sublethal exposure to copper on subsequent uptake and distribution of metal in the shore crab *Carcinus maenas*. *Journal of Crustacean Biology*, 18(2): 224-231.
- Tupan C. y P. Uneputy. 2017. Concentration of heavy metals lead (Pb) and cadmium (Cd) in water, sediment and seagrass *Thalassia hemprichii* in Ambon Island Waters. *Bioflux*, 10(6): 1610-1617.
- USEPA. (U.S. Environmental Protection Agency Office of Water Office of Science and Technology). 2000. Update of ambient water quality criteria for cadmium."EPA Contract No. 68-C-98-134 Work Assignment No. 1-11, Great Lakes Environmental Center Traverse City, Michigan 49686. Clark, R.B.; *Marine Pollution*, 1992, 3rd ed., Clarendon Press, Oxford.
- Vahter M., M. Berglung, B. Nermel y A. Akesson. 1996. Bioavailability of Cadmium from Shellfish and Mixed Diet in women. *Toxicol Appl Pharm* 136: 332-341.
- Visser A., J. Kroes, M. van Vliet, S. Blenkinsop, H. Fowler y H. Broers. 2012. Climate change impacts on the leaching of a heavy metal contamination in a small lowland

- catchment. *Journal of Contaminant Hydrology*, 127(1–4): 47-64.
- White S. y P. Rainbow. 1985. On the metabolic requirements for copper and zinc in molluscs and crustaceans. *Marine Environmental Research*, 16(3): 215-229.
- World Health Organization (WHO). 1992. "Environmental Health Criteria 135: Cadmium - Environmental Aspects pp .30.
- Xu Y. y F. Morel. 2012. Cadmium in Marine Phytoplankton. *Metal Ions in Life Sciences*, 509–528. doi:10.1007/978-94-007-5179-8\_16
- Yeats P. 1988. The distribution of trace metals in ocean waters. *Science of The Total Environment*, 72(15): 131-149.
- Yipel M., I. Ozan, C. Tayer-İşler y M. Enes-Altuğ. 2017. Heavy metal distribution in blood, liver and kidneys of Loggerhead (*Caretta caretta*) and Green (*Chelonia mydas*) sea turtles from the Northeast Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 125(1–2):487-491, .
- Zhang Y., Lu X., Wang N., Xin M., Geng S., Jia J. y Meng Q. 2016. Heavy metals in aquatic organisms of different trophic levels and their potential human health risk in Bohai Bay, China. *Environ Sci Pollut Res Int*. 23(17):17801-10.
- Zhang Z., Fang Z., Li J., Sui T., Lin L. y Xu X. 2019. Copper, zinc, manganese, cadmium and chromium in crabs from the mangrove wetlands in Qi'ao Island, South China: Levels, bioaccumulation and dietary exposure, *Watershed Ecology and the Environment*.
- Zhang J. 1995. Geochemistry of trace metals Chinese rivers/ estuary systems. *Estuaries. Coast. and Sci*, 41: 631-658.
- Zhao B., Wang X., Jin H., Feng H., Shen G., Cao Y., Yu C., Lu Z., Zhang Q. 2018. Spatiotemporal variation and potential risks of seven heavy metals in seawater, sediment, and seafood in Xiangshan Bay, China (2011–2016). *Chemosphere*, 212:1163-1171.

## VII. ANEXOS

Anexo 1. Concentración de cadmio en hepatopáncreas de las poblaciones de *P. orbignyi* de la bahía de Huarmey, Ancash.

C.O.	[Cd] ppm	C.O.	[Cd] ppm
1 P - H	0.003538	8 P - H	0.003319
2 P - H	0.003502	9 P - H	0.003465
3 P - H	0.003538	10 P - H	0.003502
4 P - H	0.003062	11 P - H	0.003465
5 P - H	0.003209	12 P - H	0.003465
6 P - H	0.003355	13 P - H	0.003429
7 P - H	0.003136	----	----

C.O. = código de organismo. H = hepatopáncreas.

Anexo 2. Concentración de cadmio en quelas de las poblaciones de *P. orbignyi* de la bahía de Huarmey, Ancash.

C.O.	[Cd] ppm	C.O.	[Cd] ppm
1 P - Q	0.003062	8 P - Q	0.003282
2 P - Q	0.003245	9 P - Q	0.003392
3 P - Q	0.003136	10 P - Q	0.003465
4 P - Q	0.003282	11 P - Q	0.003429
5 P - Q	0.003282	12 P - Q	0.003392
6 P - Q	0.003062	13 P - Q	0.003355
7 P - Q	0.003062	----	----

C.O. = código de organismo. Q = quelas.

Anexo 3. Concentración de plomo en hepatopáncreas de las poblaciones de *P. orbignyi* de la bahía de Huarmey, Ancash.

C.O.	[Pb] ppm	C.O.	[Pb] ppm
1 P - H	1.604	8 P - H	3.441
2 P - H	1.866	9 P - H	1.866
3 P - H	2.916	10 P - H	1.079
4 P - H	1.079	11 P - H	1.079
5 P - H	1.079	12 P - H	1.866
6 P - H	1.079	13 P - H	1.604
7 P - H	2.654	----	----

C.O. = código de organismo. H = hepatopáncreas.

Anexo 4. Concentración de plomo en quelas de las poblaciones de *P. orbignyi* de la bahía de Huarmey, Ancash.

C.O.	[Pb] ppm	C.O.	[Pb] ppm
1 P - Q	1.079	8 P - Q	8.428
2 P - Q	8.165	9 P - Q	6.066
3 P - Q	8.690	10 P - Q	11.052
4 P - Q	8.690	11 P - Q	7.378
5 P - Q	3.441	12 P - Q	3.441
6 P - Q	6.066	13 P - Q	9.478
7 P - Q	9.478	----	----

C.O. = código de organismo. Q = quelas.

Anexo 5. Concentración de cadmio en hepatopáncreas de las poblaciones de *C. setosus* de la bahía de Huarmey, Ancash.

C.O.	[Cd] ppm	C.O.	[Cd] ppm
1 C - H	0.003538	20 C - H	2.952
2 C - H	0.003465	21 C - H	0.003245
3 C - H	0.003429	22 C - H	0.003172
4 C - H	0.003429	23 C - H	0.003429
5 C - H	0.003282	24 C - H	0.003209
6 C - H	0.003465	25 C - H	0.003465
7 C - H	0.003392	26 C - H	0.003429
8 C - H	0.003538	27 C - H	2.879
9 C - H	0.003465	28 C - H	0.003502
10 C - H	0.003172	29 C - H	0.003538
11 C - H	0.003172	30 C - H	0.003172
12 C - H	0.003465	31 C - H	0.003355
13 C - H	0.003209	32 C - H	0.003355
14 C - H	0.003136	33 C - H	0.003209
15 C - H	0.003429	34 C - H	0.003282
16 C - H	0.003319	35 C - H	0.003392
17 C - H	0.003136	36 C - H	0.003319
18 C - H	0.003062	37 C - H	0.003392
19 C - H	0.003209	----	----

C.O. = código de organismo. H = hepatopáncreas.

Anexo 6. Concentración de cadmio en quelas de las poblaciones de *C. setosus* de la bahía de Huarney, Ancash.

C.O.	[Cd] ppm	C.O.	[Cd] ppm
1 C - Q	0.003172	20 C - Q	2,916
2 C - Q	0.003172	21 C - Q	0.003209
3 C - Q	0.003136	22 C - Q	0.003172
4 C - Q	0.003429	23 C - Q	0.003392
5 C - Q	0.003319	24 C - Q	0.003136
6 C - Q	0.003209	25 C - Q	0.003429
7 C - Q	0.003062	26 C - Q	0.003209
8 C - Q	0.003209	27 C - Q	2,769
9 C - Q	0.003465	28 C - Q	0.003355
10 C - Q	0.003355	29 C - Q	0.003355
11 C - Q	0.003355	30 C - Q	0.003099
12 C - Q	0.003502	31 C - Q	0.003319
13 C - Q	0.003209	32 C - Q	0.003319
14 C - Q	0.003209	33 C - Q	0.003062
15 C - Q	0.003355	34 C - Q	0.003136
16 C - Q	0.003319	35 C - Q	0.003282
17 C - Q	0.003136	36 C - Q	0.003245
18 C - Q	2,952	37 C - Q	0.003392
19 C - Q	0.003136	----	----

C.O. = código de organismo. Q = quelas.

Anexo 7. Concentración de plomo en hepatopáncreas de las poblaciones de *C. setosus* de la bahía de Huarmey, Ancash.

C.O.	[Pb] ppm	C.O.	[Pb] ppm
1 C - H	1.079	20 C - H	1.079
2 C - H	1.079	21 C - H	3.441
3 C - H	3.441	22 C - H	1.079
4 C - H	1.079	23 C - H	1.079
5 C - H	1.079	24 C - H	1.341
6 C - H	1.079	25 C - H	1.079
7 C - H	2.129	26 C - H	1.079
8 C - H	1.079	27 C - H	1.604
9 C - H	1.341	28 C - H	1.079
10 C - H	1.079	29 C - H	1.079
11 C - H	1.079	30 C - H	1.866
12 C - H	2.916	31 C - H	1.341
13 C - H	1.079	32 C - H	1.079
14 C - H	1.079	33 C - H	1.079
15 C - H	1.079	34 C - H	1.079
16 C - H	1.341	35 C - H	1.079
17 C - H	1.079	36 C - H	1.079
18 C - H	1.341	37 C - H	1.079
19 C - H	1.079	----	----

C.O. = código de organismo. H = hepatopáncreas.

Anexo 8. Concentración de plomo en quelas de las poblaciones de *C. setosus* de la bahía de Huarney, Ancash.

C.O.	[Pb] ppm	C.O.	[Pb] ppm
1 C - Q	8.165	20 C - Q	7.640
2 C - Q	9.740	21 C - Q	8.165
3 C - Q	11.315	22 C - Q	8.953
4 C - Q	3.441	23 C - Q	6.591
5 C - Q	3.441	24 C - Q	3.441
6 C - Q	3.178	25 C - Q	3.441
7 C - Q	7.640	26 C - Q	3.178
8 C - Q	6.066	27 C - Q	7.640
9 C - Q	8.165	28 C - Q	8.690
10 C - Q	8.953	29 C - Q	8.953
11 C - Q	9.478	30 C - Q	11.315
12 C - Q	12.365	31 C - Q	8.690
13 C - Q	9.740	32 C - Q	8.690
14 C - Q	8.428	33 C - Q	8.165
15 C - Q	11.577	34 C - Q	11.315
16 C - Q	8.165	35 C - Q	3.441
17 C - Q	3.441	36 C - Q	8.690
18 C - Q	3.178	37 C - Q	11.577
19 C - Q	8.690	----	----

C.O. = código de organismo. Q = quelas.

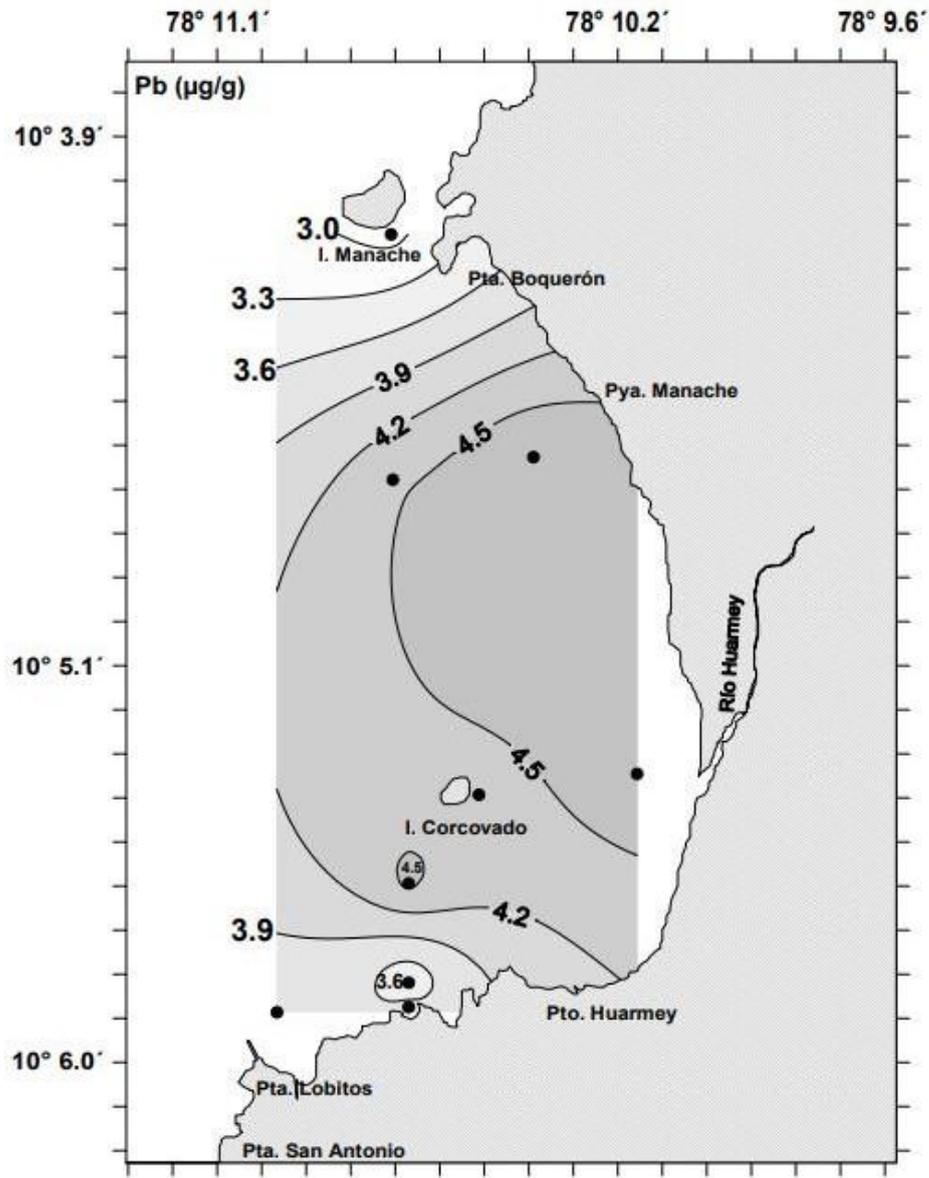
Anexo 9. Concentraciones de plomo y cadmio en los sedimentos de la bahía de Huarmey.

Mes	E1		E2	
	Plomo (ppm)	Cadmio (ppb)	Plomo (ppm)	Cadmio (ppb)
M-1	1.51	0.00001	1.53	0.0001
M-2	1.35	0.00003	1.46	0.0003
M-3	1.29	0.00026	1.31	0.0004
M-4	1.33	0.00130	1.52	0.0002
M-5	1.46	0.00012	1.4	0.0005
Mínimo	1.29	0.00001	1.31	0.0001
Máximo	1.51	0.00130	1.53	0.0005
Promedio	1.39	0.00034	1.444	0.0003
Desviación	0.09	0.00054	0.091	0.0002

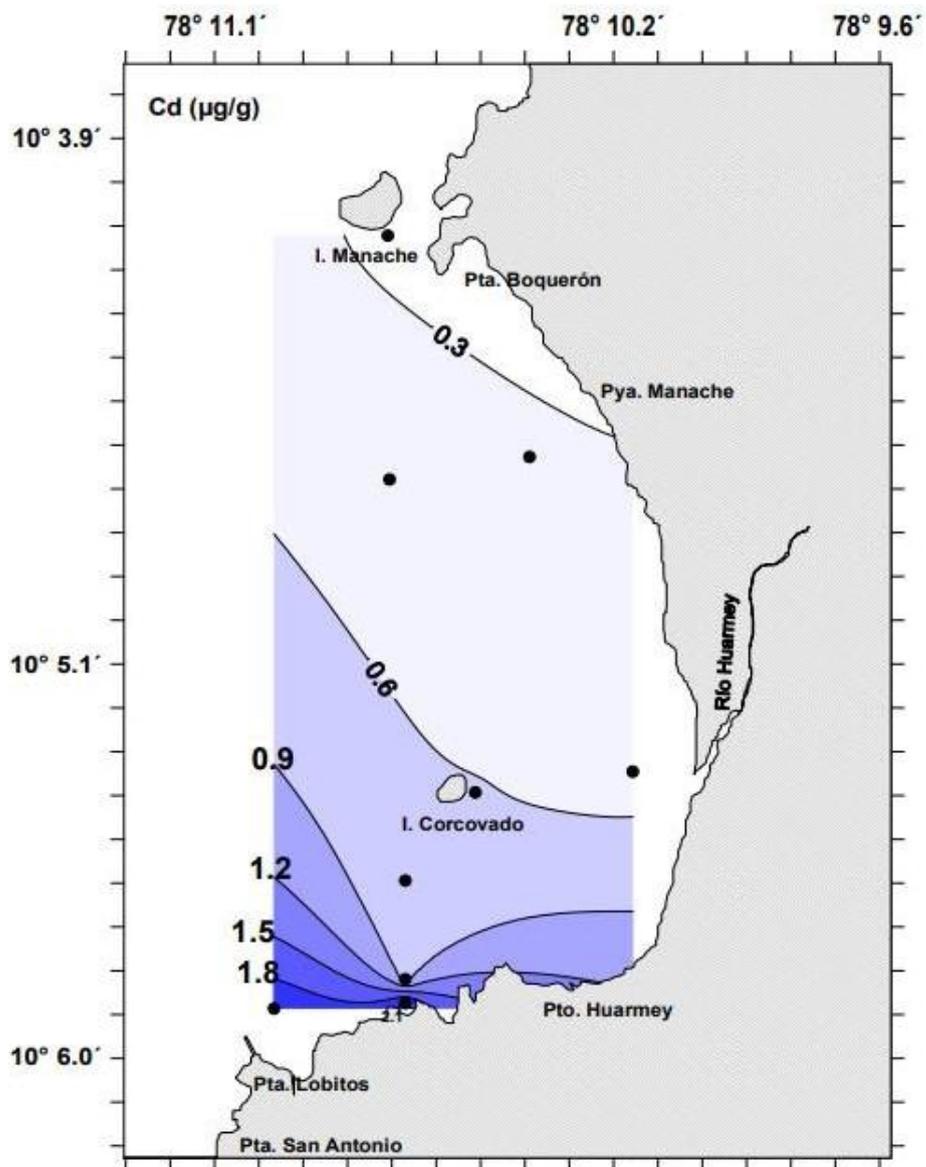
Anexo 10. Concentraciones de plomo y cadmio en el agua de fondo en la bahía de huarmey.

Mes	E1		E2	
	Plomo (ppm)	Cadmio (ppb)	Plomo (ppm)	Cadmio (ppb)
M-1	0.030	0.00003	0.03	0.000010
M-2	0.040	0.00003	0.04	0.000020
M-3	0.020	0.0003	0.02	0.000100
M-4	0.020	0.00004	0.04	0.000030
M-5	0.030	0.0003	0.02	0.000030
Mínimo	0.02000	0.00003	0.02	0.000010
Máximo	0.04000	0.00030	0.04	0.000100
Promedio	0.02800	0.00014	0.03	0.000038
Desviación	0.00837	0.00015	0.01	0.000036

Anexo 11. Distribución horizontal de la concentración de plomo en la Bahía de Huarney (Tomado de Guzmán, 2014).



Anexo 12. Distribución horizontal de la concentración de cadmio en la Bahía de Huarney (Tomado de Guzmán, 2014).



Anexo 13. Preparación de las muestras de cangrejo.



Anexo 14. Colecta de las muestras en la bahía de Huarney, Ancash.



EVALUACIÓN DE CADMIO Y  
PLOMO EN QUELAS Y  
HEPATOPÁNCREAS DE *Cancer*  
*setosus* Y *Platyxanthus orbigny*  
PROCEDENTES DE LA BAHÍA  
DE HUARMEY, ANCASH - 2016

por Dominguez Izquierdo Carol Thalía Pereda Sagastegui Melysa Nicacia

---

**Fecha de entrega:** 06-mar-2020 10:22a.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 1270572722

**Nombre del archivo:** Informe\_mely-carito-18-----docx (3.72M)

**Total de palabras:** 14181

**Total de caracteres:** 73569

	<b>AUTONOMA DE PUEBLA BIBLIOTECA</b> Trabajo del estudiante	1%
9	<b>www.revbiolmar.cl</b> Fuente de Internet	1%
10	<b>www.dspace.espol.edu.ec</b> Fuente de Internet	1%
11	<b>www.scielo.org.pe</b> Fuente de Internet	<1%
12	<b>www.tdx.cat</b> Fuente de Internet	<1%
13	<b>docplayer.es</b> Fuente de Internet	<1%
14	<b>creativecommons.org</b> Fuente de Internet	<1%

Excluir citas      Activo      Excluir coincidencias      < 15 words  
 Excluir bibliografía      Activo

# EVALUACIÓN DE CADMIO Y PLOMO EN QUELAS Y HEPATOPÁNCREAS DE *Cancer setosus* Y *Platyxanthus orbigny* PROCEDENTES DE LA BAHÍA DE HUARMEY, ANCASH - 2016

## INFORME DE ORIGINALIDAD



## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>Submitted to Universidad Nacional del Santa</b> Trabajo del estudiante	<b>4%</b>
<b>2</b>	<b>cybertesis.uach.cl</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.ug.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>4</b>	<b>cybertesis.unmsm.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>5</b>	<b>www.senasa.go.cr</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>Submitted to Universidad Técnica de Machala</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>8</b>	<b>Submitted to BENEMERITA UNIVERSIDAD</b>	