



**Universidad
Norbert Wiener**

FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÌMICA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA

**“DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE LA
CONCENTRACIÓN DE MERCURIO Y ARSENICO EN
PEJERREY (*Odontesthes regia*) COMERCIALIZADO EN
EL TERMINAL PESQUERO DE ANCON DURANTE EL
PERIODO SETIEMBRE – OCTUBRE 2017”**

Tesis para optar el Título Profesional de
Químico Farmacéutico

Presentado por:

Br. León Delgado Verni Anavella

Br. Vega Silvestre Diana Marlene

Asesor:

Mg. Cárdenas Orihuela, Robert Armando

Lima – Perú

2019

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mi esposo, y mi preciosa hija **Analu**, en especial a mis amados Padres, que están en el cielo ya que desde el cielo me guiaron. A mis amigos que me apoyaron durante, todo el desarrollo de la tesis.

Br:León Delgado Verni Anavella.

Agradecida con Dios por tu amor y tu bondad.

Dedico este trabajo a mis padres Teódulo y Juana a mis hermanos que me apoyaron con su aliento y la fuerza positiva.

A mi esposo que gracias a él me permitió lograr un sueño más.

A mis hijos **Piero,Adriana, Luhana** por ser mi motor y motivo de superación.

Br: Vega Silvestre Diana Marlene.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento a Dios por darnos fortaleza día a día seguir avanzando de los obstáculos que se nos presentaban a lo largo del camino estudiantil guiándonos por el camino correcto.

A nuestra “ALMA MATHER” Universidad Norbert Wiener y la Facultad de Farmacia y Bioquímica. Hospitalidad Universitaria, y a nuestros maestros Clase “A”. Que nos dieron todos sus conocimientos y nos alentaron para realizar nuestra tesis.

Nuestro agradecimiento al **Mg. Dr. Cárdenas Orihuela Robert Armando** que leyó este documento, que enumeró los errores y pudo orientarnos de la manera más sabia.

A los señores miembros de jurado calificador designado por la facultad de farmacia y bioquímica de la universidad de Norbert Wiener conformado por:

- Presidente: **Mg. Lizano Gutiérrez Jesús**
- Secretario: **Q.F. Guevara ortega Freddy Alberto**
- Vocal: **G.F. Ramos Jaco Antonio Guillermo**

Con la profundidad del corazón a quienes han hecho posible todo este logro desinteresadamente invirtiendo gran parte de su tiempo.

Índice general

	Pág.
Índice general	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen	ix
Abstract	x
I. INTRODUCCIÓN	1
- Situación Problemática	2
- Marco teórico referencial	3
- Estudios antecedentes	17
- Importancia y justificación de la investigación	20
- Objetivo del estudio	21
- Hipótesis de investigación	22
II. MATERIALES Y METODOS	23
2.1.Enfoque diseño	23
2.2.Población, muestra (Criterios de inclusión y exclusión)	23
Población y Muestra	23
Tamaño de La muestra	23
2.3. Variable de estudio general	24
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	25
2.5. Procedimiento para recolección de datos	26
2.6. Métodos de análisis estadístico	31
III. RESULTADOS	38
IV. DISCUSIÓN	48
4.1. Discusiones	49
4.2. Conclusiones	51
4.3. Recomendaciones	52
CITAS Y REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
ANEXOS	58

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Medidas regulatorias de mercurio y arsénico.	17
Tabla 2: Determinación cuantitativa de la concentración de mercurio y arsénico en pejerrey (<i>Odontesthes regia</i>) comercializados en el terminal pesquero de Ancón durante el periodo setiembre – octubre del 2017.	38
Tabla 3: Niveles de concentración de mercurio en pejerrey (<i>Odontesthes regia</i>) comercializados en el terminal pesquero de Ancón durante el periodo setiembre – octubre del 2017.	39
Tabla 4: Niveles de concentración de arsénico en pejerrey (<i>Odontesthes regia</i>) comercializados en el terminal pesquero de Ancón durante el periodo setiembre – octubre del 2017	43

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Morfología de pejerrey.	6
Figura 2: Composición química del pejerrey.	8
Figura 3: Modelo Toxicocinética del mercurio inorgánico	13
Figura 4: Espectrofotometría de Absorción Atómica.	29
Figura 5: Curva de calibración: relación de la absorbancia y concentración mercurio.	34
Figura 6: Curva de calibración: relación de la absorbancia y concentración de arsénico.	37
Figura 7: Niveles de concentración de mercurio y arsénico en pejerrey (<i>Odontesthes regia</i>) comercializados en el terminal pesquero de Ancón durante el periodo Setiembre – Octubre del 2017.	40
Figura 8: Niveles de concetracion de mercurio en pejerrey (<i>Odontesthes regia</i>) comercializados en el terminal pesquero de Ancón durante el periodo Setiembre – Octubre del 2017.	41
Figura 9: Concentración de mercurio en pejerrey (<i>Odontesthes regia</i>) comercializados en el terminal pesquero de Ancón durante el periodo Setiembre – Octubre del 2017 vs el Servicio Nacional de Sanidad Pesquera (SANIPES).	42
Figura10: Niveles de concentración de arsénico en pejerrey (<i>Odontesthes regia</i>) comercializados en el terminal pesquero de Ancón durante el periodo Setiembre – Octubre del 2017.	44
Figura 11: Niveles de concentración de arsénico en pejerrey (<i>Odontesthes regia</i>) comercializados en el terminal pesquero de Ancón durante el periodo Setiembre – Octubre del 2017 versus el Servicio Nacional de Sanidad Pesquera (SANIPES).	45

- Figura12:** Concentración de mercurio en pejerrey (*Odontesthes regia*) comercializados en el terminal pesquero de Ancón durante el periodo Setiembre – Octubre del 2017 vs el Servicio Nacional de Sanidad Pesquera (SANIPES). 46
- Figura13:** Correlación de la presencia de mercurio y arsénico en pejerrey (*Odontesthes regia*) comercializados en el terminal pesquero de Ancón durante el periodo Setiembre – Octubre del 2017. 47

INDICE DE ANEXOS

Anexo A: Matriz de consistencia	59
Anexo B: Operacionalización de variables	60
Anexo C: Imagen de los Tesistas se procede a seleccionar el pejerrey de 10 puestos del muelle de Ancón	61
Anexo D: Se realizó la compra de pejerrey en Ancón	62
Anexo E: se realizó la compra de pejerrey en Ancón se llevó al laboratorio de la universidad previo pesado	63
Anexo F: en el laboratorio revisando los pesos del pejerrey	64

Resumen

El presente trabajo investigación: “Determinación cuantitativa de la concentración de mercurio y arsénico en pejerrey (*odontesthes regia*) comercializado en el terminal pesquero de Ancón durante el periodo setiembre – octubre 2017”. Tuvo por **Objetivo:** determinar la concentración de mercurio y arsénico en pejerrey (*Odontesthes regia*) comercializados en el terminal pesquero de Ancón. **Metodología:** Se utilizó el método cuantitativo para determinar la concentración de metales pesados en la muestra de pejerrey comercializados en el terminal pesquero de Ancón. Según sus características del estudio se trata de un diseño de tipo descriptivo, prospectivo, transversal. las muestras fueron analizadas por el método de espectrofotometría de absorción atómica. **Resultado:** los resultados obtenidos se compararon los valores establecidos por el servicio Nacional de Sanidad Pesquera SANIPES. Se empleó una lampara de catado hueco de mercurio a una longitud de onda 253,70 nm por horno grafito donde las concentraciones de mercurio en muestra de pejerrey halladas máximas y mínimas dando un valor promedio de 0,16 ppm, su valor mínimo 0,03ppm y su valor máximo 0,26ppm. Respectivamente. Y para la concentración de arsénico se empleó una lampara de catado hueco de arsénico a una longitud de onda de 193,70 nm por Generador de Hidruros. Donde las concentraciones de arsénico en pejerrey halladas máximas y mínimas dando un valor promedio de 0,93 ppm su valor mínimo 0,45 ppm y su valor máximo 1,96 ppm. Respectivamente. **Conclusión:** Se determinó que el nivel promedio de mercurio y arsénico no superan los límites máximos permisibles por SANIPES siendo el pejerrey (*Odontesthes regia*) comercializado en el terminal pesquero de Ancón aptos para el consumo de la población.

Palabras clave: Pejerrey, metal, pesado, mercurio, arsénico.

Abstract

This research paper: "Quantitative determination of mercury and arsenic concentration in silverside (*odontesthes regia*) marketed in the Ancón fishing terminal during the period September - October 2017". Its objective was to determine the concentration of mercury and arsenic in silversides (*Odontesthes regia*) marketed in the Ancón fishing terminal. Methodology: The quantitative method was used to determine the concentration of heavy metals in the sample of silversides traded in the Ancón fishing terminal. According to its characteristics, it is a descriptive, prospective, transversal design. The samples were analyzed by the atomic absorption spectrophotometry method. Result: the results obtained were compared to the values established by the National Fisheries Health Service SANIPES. A hollow tasting lamp of mercury was used at a wavelength of 253.70 nm per graphite furnace where mercury concentrations in sample of silversides were found. maximum and minimum giving an average value of 0.16 ppm, its minimum value 0.03ppm and its maximum value 0.26ppm. Respectively. And for the arsenic concentration a hollow arsenic tasting lamp was used at a wavelength of 193.70 nm per Hydride Generator. Where the concentrations of arsenic in Silverside are found maximum and minimum giving an average value of 0.93 ppm, its minimum value 0.45 ppm and its maximum value 1.96 ppm. Respectively. Conclusion: It was determined that the average level of mercury and arsenic does not exceed the maximum permissible limits for SANIPES, being the Silverside (*Odontesthes regia*) commercialized in the Ancón fishing terminal suitable for the consumption of the population.

Keywords: Silverside, metal, heavy, mercury, arsenic.

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas ambientales más importantes en el país se refiere al uso indiscriminado de precursores químicos en actividades lícitas e ilícitas, el uso de metales pesados en actividades mineras, el vertimiento de aguas servidas y otro tipo de compuestos relacionados con actividades industriales, prácticas agrícolas inadecuadas y emanación de residuos químicos a nuestro ecosistema.¹

Actualmente es tema de interés en la salud pública investigar la concentración de metales en suelo, agua y alimentos, ya que en el medio ambiente hay gran cantidad de contaminantes metálicos, esto hace que sean vulnerables a una contaminación. Dentro de este grupo encontramos metales pesados como el plomo, cadmio, arsénico y mercurio que son altamente tóxicos y perjudiciales en la salud del consumidor, es por ello importante asegurar que su contenido en los alimentos se encuentre en niveles aceptables desde el punto de vista toxicológico. Porque la mayoría de la población se alimenta de estos recursos, sin conocer la cantidad de contaminantes que podrían estar ingiriendo y que en algún tiempo se reflejen en su salud. Teniendo en cuenta que el pescado fresco es un producto consumido frecuentemente, resulta importante determinar si estos productos cumplen con el contenido máximo de mercurio y arsénico establecido por el Servicio Nacional de Sanidad Pesquera del País, y evaluar si existe riesgo y daño para la población que lo consume. Su importancia radica en que se deben tomar las medidas necesarias para prevenir y reducir la contaminación por estos metales con el fin de proteger la salud de la población.²

- Situación Problemática

La contaminación de aguas naturales por metales pesados llega a ser inevitable debido a la industrialización y urbanización. Los metales de mayor importancia toxicológica y ecotoxicológica en ambientes acuáticos son: Mercurio (Hg), Arsénico (As), Cromo (Cr), Plomo (Pb), Cadmio (Cd), Níquel (Ni) y Zinc (Zn); ya que para la mayoría de los organismos la exposición por encima de una concentración umbral, puede ser extremadamente tóxica.³

El pejerrey (*Odontesthes regia*) es de gran interés económico y pesquero, son bien conocidos y explotados en casi todas las comunidades ribereñas de Latinoamérica. Sin embargo, no han sido estudiados apropiadamente, y su conservación está en riesgo. Las características económicas, sociales y culturales, de la mayoría de los países de la región, que se traducen en el deterioro del hábitat y la sobreexplotación pesquera, ponen en peligro de desaparición las poblaciones de este género de macroinvertebrados acuáticos. Es necesario conocer los valores de mercurio y arsénico que puedan presentar el pejerrey (*Odontesthes regia*), es uno de los pescados que más se consumen en nuestro País.

El pejerrey tolera una amplia gama de salinidades y calidad del agua lo que explica la amplitud y variedad de su área de distribución actual, que va desde sus ambientes de origen, las lagunas pampeanas en la Argentina, hasta los ríos y lagos de montaña en Bolivia y Perú y zonas francamente subtropicales tales como el sur de Brasil.

En la casi totalidad de esta área la demanda de pejerrey fresco no llega a satisfacerse plenamente por parte de las pesquerías continentales debido al retroceso de los stocks por sobrepesca en algunos casos o al desconocimiento de la factibilidad económica para emprender la pesca en aguas abiertas y profundas tal como sucede en el lago Titicaca.

En algunos de los países mencionados, bajo la misma denominación se ofrecen en el mercado pejerreyes marinos, pertenecientes a especies diferentes, los cuales provienen de pesquerías también sometidas a una fuerte presión de pesca. En general el consumidor no hace distinción entre pejerreyes marinos o de agua dulce.

Similarmente las expectativas y la necesidad de incrementar la producción de pejerreyes mediante la acuicultura se manifiestan marcadamente en la región andina de Bolivia y Perú, así como en el Uruguay y sur de Brasil, y como en embalses temperados en el cono Sur de América.

Es necesario conocer los valores de mercurio y arsénico que puedan presentar el pejerrey (*Odontesthes regia*), es uno de los pescados que más se consumen en nuestro País.

Formulación del problema

¿El pejerrey (*Odontesthes regia*) comercializados en el terminal pesquero de Ancón durante el periodo setiembre – octubre del 2017 presentara mercurio y arsénico?

- Marco teórico referencial

Pejerrey

El pejerrey es una de las especies epipelágicas distribuidas desde el norte de la costa del Pacífico de Perú a la Región de Aysén, en el sur de Chile. La especie tiene una gran importancia económica como alimento básico.

El pejerrey es de color gris pizarra plateado, oscuro en el lomo y claro en el vientre, con una banda lateral plateada. Las aletas son amarillas. Es de porte generalmente pequeño. Rara vez se sacan de más de 20 cm.

El pejerrey predica principalmente sobre especies tanto del bentos (anfípodos y poliquetos) como del plancton (copépodos calanoídeos y larvas zoeas), además de plantas. Por tanto, la dieta de este Atherinidae está constituida por organismos de tamaño muy diverso.⁴

Taxonomía:

Es alargado, aplanado lateralmente y afilado en sus extremos: más en el extremo anterior (región cefálica), que termina en punta roma. La mitad anterior del

cuerpo es más voluminosa que la posterior. El cuerpo presenta a considerar: cabeza, tronco y aletas.

En la cabeza observamos: la abertura bucal, que se abre en el extremo anterior y semeja una herradura con cavidad dirigida hacia atrás; pasando el dedo por el borde que la limita se comprueba la existencia de numerosos dientes cónicos y pequeños dispuestos en dos o más hileras; por detrás y arriba de la boca se encuentran las narinas u orificios nasales y, luego, uno a cada lado los ojos que se destacan como círculos cuya parte central, también circular es muy oscura y está rodeada de un anillo blanco amarillento brillante; los ojos están desprovistos de párpados.

La cabeza se continúa directamente con el tronco, pues el animal carece de zonas intermedias o cuello; evidentemente, la cabeza implantada sólidamente sobre el tronco permite hender mejor el agua en sus movimientos de traslación. Siendo deprimido lateralmente el tronco podemos considerar: dos caras laterales (derecha e izquierda) y dos bordes (superior e inferior). A lo largo de las caras llama la atención una línea de coloración blanco-plateada que nace cerca de los opérculos y termina en la base de la cola: son las líneas laterales.

Sobre el borde superior del tronco se implantan dos aletas dorsales, siendo la posterior la más grande.

El extremo posterior del cuerpo se prolonga en una masa más delgada que, por llevar en su extremidad la cola o la aleta caudal se llama pedúnculo caudal. La aleta caudal se dispone en sentido vertical y está dividida en dos lóbulos simétricos.

Las aletas pares actúan a la manera de los remos, la caudal como timón y las dorsales y anal contribuyen a la estabilidad. Los movimientos ondulatorios del cuerpo son producidos por los potentes músculos laterales, que determinan los desplazamientos de avance y retroceso del animal en el agua. Todo el cuerpo está envuelto por un tegumento constituido de dos capas: una externa o epidermis y otra profunda o dermis. A expensas de esta última se forman las escamas que, en hileras regulares revisten las caras y los bordes del tronco. Dichas escamas son piezas duras, de varios milímetros de diámetro, aplanadas, de contorno casi circular; se disponen imbricadas, es decir, recubriéndose en parte, a la manera de las tejas de un techo. En cada escama es fácil apreciar

dos sistemas de estrías: unas circulares y más o menos concéntricas, cuyo número permite la determinar la edad del animal, y otros que se disponen como radios divergentes: las escamas de este tipo se denominan cicloides.

Las escamas que se encuentran a nivel de las líneas laterales presentan una estructura diferente: están provistas de una perforación que comunica con la exterior; esto, sumado a las numerosas terminaciones nerviosas que contienen, ha sugerido la posibilidad de que fuesen el asiento de particulares órganos sensoriales: es así como se les ha atribuido funciones diversas, entre ellas: la de "captar" las variaciones térmicas, de salinidad, etc⁴.



Figura 1: Morfología de pejerrey (*Odontesthes regia*).⁵

Composición Química

Por 100 gramos:	
Nutrientes	Cantidad
0	
Energía	106,00
Proteína	19,60
Grasa Total (g)	2,40
Colesterol (mg)	0,00
Glúcidos	0,00
Nutrientes	Cantidad
.	
Fibra (g)	0,00
Calcio (mg)	105,00
Hierro (mg)	0,70
Yodo (µg)	0,00
Vitamina A (mg)	0,00
Nutrientes	Cantidad
.	
Vitamina C (mg)	0,00
Vitamina D (µg)	0,00
Vitamina E (mg)	0,00
Vitamina B12 (µg)	0,00
Folatos (µg)	0,00

Figura 2: Composición Química del pejerrey. ⁽⁵⁾

Valor Nutricional

Cada 100 gramos de pejerrey tienen 19.6 gramos de proteínas. Este pescado es bajo en grasas, y además contiene omega-3, vitamina B12 y selenio.

Reproducción del pejerrey Fecundidad Épocas de Reproducción.

El análisis de las gónadas mostró que el período de reproducción transcurre entre agosto y noviembre (temperatura del agua en superficie: 13° a 21 C°) con

un máximo situado en el período octubre–noviembre. La talla mínima de los reproductores fluctuó entre 103 mm (machos) y 194 mm (hembras).

Para los testículos los valores del índice de madurez, relación de longitudes e índice gonadal van disminuyendo desde el principio de la temporada de freza hasta el fin de la misma, lo cual podría indicar un estado de emisión continua o casi continua de espermatozoides durante la época del desove, con progresivo agotamiento del testículo.

El pejerrey muestra dos períodos de actividad sexual: uno muy intenso en primavera y otro menos notorio en otoño. En la freza primaveral están involucradas la casi totalidad de las hembras.

Muchas de las hembras que desovan entre agosto y setiembre vuelven a frezar entre octubre y diciembre. Aunque la mayoría de las hembras desovan por lo menos una vez en primavera, solo la mitad de las mismas frezan en otoño nuevamente.

Debemos agregar que, durante ensayos de cría en estanques del pejerrey, se determinó que, en peces sembrados como larvas, luego de transcurridos algo más de nueve meses (exactamente entre 270 y 280 días de edad) fue posible realizar el desove de hembras maduras (10% de las hembras) y fecundación artificial de las ovas. En tal momento los índices de madurez para machos alcanzan su máximo para un 80% de los individuos.

Establecen zonas de preferencia durante la época de freza. Se comparan los muestreos realizados en dos zonas ecológicamente diferentes:

- a. Una zona de macrófitas emergentes arraigadas y sumergidas (“juncal” *Scirpus californicus*) y camalote (*Potamogeton striatus*). El fondo entre la vegetación consiste en una espesa capa de sedimento fino.
- b. una zona desprovista de vegetación llamada localmente tosca (corresponde a la denominación inglesa de limestone). La superficie de la tosca es bastante lisa y dura y no hay acumulación de sedimentos de fondo.

Los autores establecen que en la época de reproducción las hembras y machos maduros se concentran en las zonas de tosca. Se llega a una conclusión similar

con los machos maduros los cuales se concentran en la misma área. Para el período de estudio la proporción de machos sobre la población total es de 65%.⁵

Enemigos naturales y enfermedades.

Rivas Plata y Llanos Urbina (1989) recopilan información que da cuenta de la presencia de nemátodos en la primera porción del estómago de pejerreyes del lago Titicaca, siendo su incidencia mayor en ejemplares de talla superior a los 21 cm. Zavaleta (en Rivas P. y Llanos U., 1989) determinan una parasitosis por cestodes en un 2.46% y por nemátodos en un 71.5%, al analizar una muestra de 407 ejemplares provenientes del lago Titicaca.

Hepher y Pruginin (1981) señalan que el pejerrey al ser introducido en Israel como pez de cultivo en estanques (actividad que no prosperó) mostró, bajo tales condiciones, ser muy susceptible a la infección por *Lernea*.⁵

METALES PESADOS EN LOS ANIMALES ACUÁTICOS

La disponibilidad de los metales para los organismos acuáticos (biodisponibilidad) se halla en función de las propiedades físico-químicas del agua (temperatura, pH, dureza, etc.) y del elemento (en compuestos orgánicos o inorgánicos). La bioacumulación es el proceso por el cual cualquier agente contaminante se incorpora en forma continua a los organismos vivos en diferentes órganos y tejidos durante períodos prolongados de tiempo. Biomagnificación es el traspaso de esas sustancias químicas bioacumuladas a un nivel trófico superior, aumentando su concentración.

En los peces los metales pesados pueden ingresar por tres vías posibles: branquias, alimento o superficie corporal (Amundsen et al., 1997). Tienen órganos blanco y patrones de acumulación. Ello referencia que determinados compuestos por diferentes causas (metabólicas, modalidad de ingreso, estado, etc.) son retenidos en ciertas estructuras de los seres vivos y con distintos ritmos y regímenes. Las lagunas pampeanas han sido objeto de estudio de diversos trabajos al respecto (Del Ponti et al., 1999).⁵

Mercurio.

Características

El mercurio y su mineral principal, el cinabrio, fueron conocidos y utilizados desde tiempos remotos. Por el desarrollo de sus primeras culturas, pueblos como China, Egipto y Asiria ya conocían la existencia, al menos del cinabrio y su aplicación como pintura en forma de bermellón (polvo de cinabrio). Los griegos y los romanos también utilizaron el cinabrio como pintura (bermellón) y algunos de sus más renombrados médicos, por ejemplo, Hipócrates, lo utilizó en forma de ungüento, por no considerarlo tóxico por vía dérmica.⁶

En sus compuestos, el mercurio se encuentra en los estados de oxidación 2+ y 1+; por ejemplo, HgCl_2 , Hg_2Cl_2 o $\text{Hg}_3(\text{AsF}_6)_2$. A menudo los átomos de mercurio presentan dos enlaces covalentes; por ejemplo, Cl-Hg-Cl o Cl-Hg-Hg-Cl . Algunas sales de mercurio (II), por ejemplo, $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ o $\text{Hg}(\text{ClO}_4)_2$, son muy solubles en agua y por lo general están dissociadas. Las soluciones acuosas de estas sales reaccionan como ácidos fuertes a causa de la hidrólisis que ocurre.

El mercurio se encuentra comúnmente como su sulfuro HgS , con frecuencia como rojo de cinabrio y con menos abundancia como metal cinabrio negro.⁸

La tensión superficial de mercurio líquido es de 484 dinas/cm, seis veces mayor que la del agua en contacto con el aire. Por consiguiente, el mercurio no puede mojar ninguna superficie con la cual esté en contacto. En aire seco el mercurio metálico no se oxida, pero después de una larga exposición al aire húmedo, el metal se cubre con una película delgada de óxido. No se disuelve en ácido clorhídrico libre de aire o en ácido sulfúrico diluido, pero sí en ácidos oxidantes (ácido nítrico, ácido sulfúrico concentrado y agua regia).

Toxicocinética:

El ingreso del mercurio es por vía respiratoria, digestiva y cutánea. La vía respiratoria, es por inhalación, esta vía es la más importante, tanto el mercurio elemental como el inorgánico y sus compuestos, puede ingresar por inhalación y alcanzar la sangre con una eficiencia del 80%.

La vía digestiva, es por ingestión. En el tracto gastrointestinal, el mercurio inorgánico se absorbe en cantidad menor al 0,01%, probablemente por su incapacidad de reacción con moléculas biológicamente importantes, al formar macromoléculas que dificultan su absorción y porque pasa por un proceso de oxidación. Los compuestos inorgánicos de mercurio (sales) se absorben entre 2 y 15%, dependiendo de su solubilidad. Mientras que, en contraste, la absorción de los compuestos orgánicos por esta vía es 95%, independiente si el radical metilo está unido a una proteína o no.

La vía cutánea, es por contacto. Se ha descrito casos de intoxicación por aplicación tópica de compuestos que contenían metilmercurio. Sin embargo, no está demostrado que esta vía tenga un papel importante en la exposición ocupacional. En relación al transporte y distribución, una vez absorbido el mercurio es transportado por la sangre en una ratio glóbulo rojo/plasma entre 1,5 a 3. En general, el 90% de los compuestos orgánicos se transporta en las células rojas, mientras que 50% del mercurio inorgánico es transportado unido a la albúmina.

La biotransformación del mercurio se realiza por cuatro vías;

- ✓ Por oxidación del vapor de mercurio metálico a mercurio divalente.
- ✓ Por reducción del mercurio divalente a mercurio metálico.
- ✓ Por metilación del mercurio inorgánico.
- ✓ Por conversión del metilmercurio en mercurio inorgánico.

La cantidad de mercurio excretada por vía renal/heces es entre 50 y 55% de la dosis total absorbida; por saliva equivale al 25% de la concentración sanguínea y al 10% de la urinaria; por sudor es 15%, suficiente para tenerla en cuenta en el balance global; y la vía respiratoria, por exhalación, interviene hasta con 7%.⁹

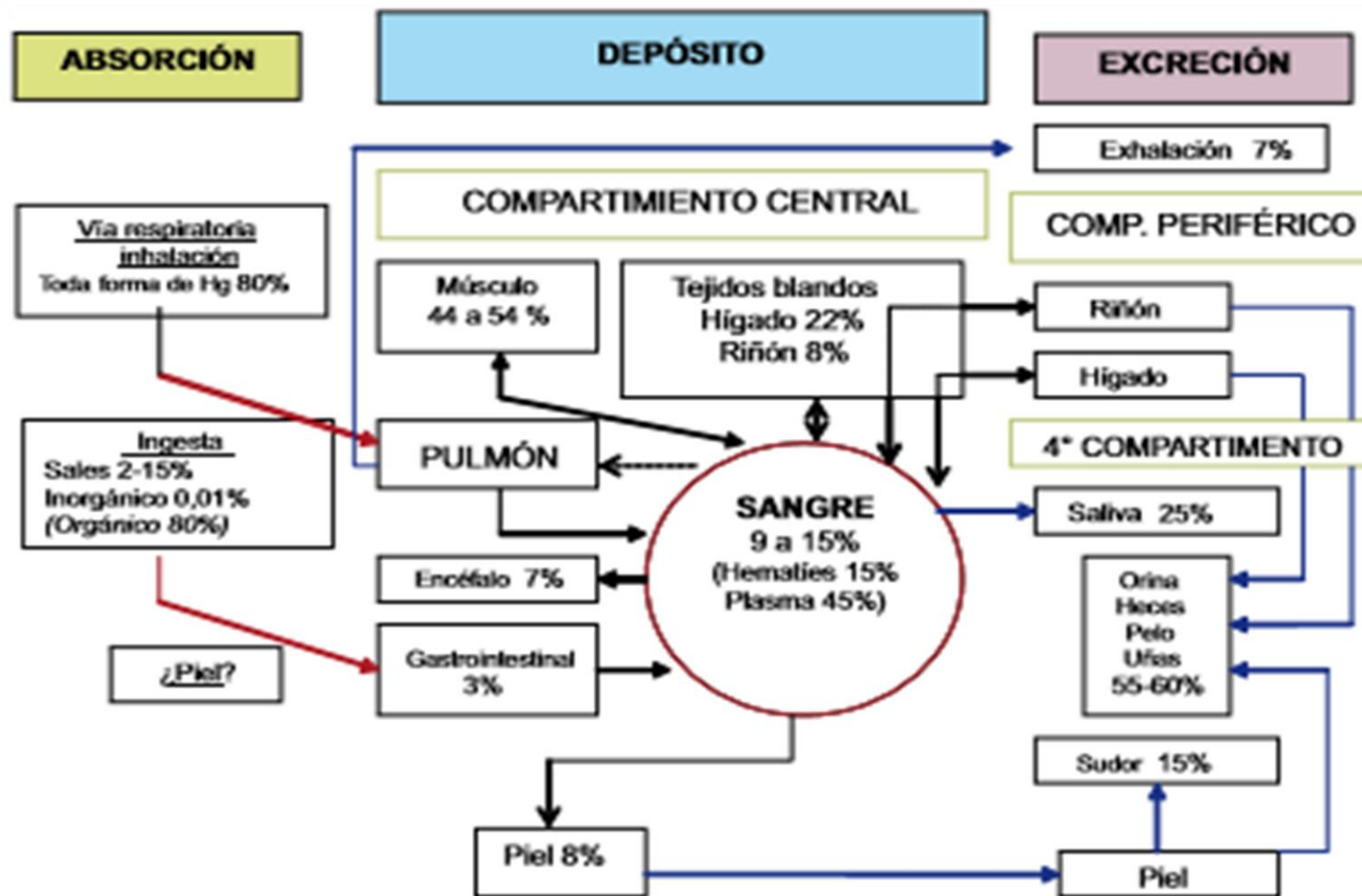


Figura 3. Modelo toxicocinético del mercurio inorgánico. ⁽⁹⁾

Toxicodinámia

Los efectos tóxicos del mercurio inorgánico y orgánico, son debidos a que en su forma iónica no establece enlaces químicos. Al revisar la acción sobre los sistemas enzimáticos, el mercurio es tóxico, porque precipita las proteínas sintetizadas por la célula, principalmente las neuronas, y porque inhibe los grupos sulfidrilo de varias enzimas esenciales.

En estado iónico, se fija a los grupos celulares ricos en radicales -SH, altera varios sistemas metabólicos y enzimáticos de la célula y su pared e inhibe la síntesis de proteínas en la mitocondria, afectando su función energética. En el riñón disminuye la actividad de las fosfatasas alcalinas de los túbulos proximales y altera el transporte de potasio y la ATP-asa en la membrana.

En varios órganos, incluido el riñón, el mercurio induce la formación de metalotioneína, un receptor proteico de peso molecular bajo, y se une a ella, saturando sus propios receptores. Cuando por la gran cantidad de tóxico presente la metalotioneína se forma en exceso, causa alteraciones orgánicas en el mismo sitio de su producción.

Arsénico. Características.

El arsénico está ampliamente distribuido en gran número de minerales. Las mayores concentraciones se dan en forma de arseniuros de cobre, plomo, plata y oro o como impurezas en sulfuros.

El arsénico es un elemento no esencial para las plantas. En altas concentraciones interviene en los procesos metabólicos de las plantas, pudiendo inhibir el crecimiento y frecuentemente llegar a la muerte de la planta.

- Uso principal de arsénico metálico es el fortalecimiento de las aleaciones de cobre y plomo para su uso en baterías de coche.
- También se utiliza como un dopante de tipo n en dispositivos semiconductores electrónicos (como los diodos).
- El arsénico también se utiliza en numerosos pesticidas, herbicidas e insecticidas, aunque esta práctica se está volviendo menos común ya que cada vez más productos de este tipo están prohibidos.

- Se ha utilizado como un conservante de madera debido a su toxicidad para los insectos, bacterias y hongos.
- El arsénico se añade a los alimentos de animales para prevenir enfermedades y favorecer su crecimiento.
- El arsénico se utiliza en el tratamiento médico del cáncer, tales como la leucemia promielocítica aguda.¹⁰

Toxicocinética

Absorción: Digestiva (inorgánicos: la más fácil, además son cáusticos; orgánicos: errática). Inhalatoria (es escasa para los compuestos inorgánicos excepto para la arsina). Cutánea (es pobre para todos los compuestos). Distribución: Se une a la globina y se distribuye por todo el organismo, especialmente: hígado, riñón, corazón, pelos, saliva, uñas y piel. La distribución es lenta y tarda 24 horas aproximadamente en lograr un equilibrio, en piel esto se logra recién a los 14 días.

Atraviesa la placenta, pero no la barrera hematoencefálica. Biotransformación: Los compuestos inorgánicos se hidrolizan espontáneamente y liberan arsénico trivalente y pentavalente. El trivalente se oxida en el organismo a pentavalente, y éste se elimina en su mayor parte en forma de anhídrido o ácido arsénico por la orina. Una pequeña fracción se metila y se elimina como ácido cacodílico que es poco tóxico. Excreción: Urinaria (90 - 95 %), heces (5 -10 %), salival y leche. ¹¹

Toxicodinámica

La toxicidad de los compuestos arsenicales es compleja y depende de la vía de ingreso, de su valencia y de su forma química. El Arsénico inorgánico es el responsable de la intoxicación en el humano y la arsina es el compuesto más tóxico.

Mecanismo bioquímico de acción: El arsénico actúa formando enlaces covalentes con el átomo de azufre de los grupos sulfidrilol, reacción importante porque condiciona que el Arsénico inorgánico ingrese a las reacciones bioquímicas solamente en presencia de agua; de esta manera sus compuestos sólidos inorgánicos no podrán actuar en el organismo hasta no ser reducidos. El Arsénico inorgánico trivalente ingresa al sistema piruvato-oxidasa ligándose a los grupos sulfidrilo de la proteína, de lo que resulta un complejo anular muy estable.

El mecanismo de acción tóxica del Arsénico inorgánico pentavalente no está plenamente dilucidado; se acepta que previamente es reducido a formas trivalentes. Además, el Arsénico inorgánico compite con el fosfato inorgánico en las reacciones de fosforilación, produciendo ésteres inestables. Otros estudios muestran que desacopla la fosforilación oxidativa compitiendo con el fósforo en uno de los pasos de conservación de energía de la reacción. Se ha sugerido también su acción inhibitoria no hidrolítica en la mitocondria ligada a funciones energéticas.¹²

Normas internacionales

Considerando que el consumo de alimentos contaminados de origen animal implica diversos riesgos para la salud y que dependen de la presencia y magnitud de los residuos nocivos.

Los residuos presentes en los alimentos pueden ser de naturaleza biológica por contaminación microbiana proveniente del manejo inadecuado de los productos; química por el uso incorrecto de medicamentos veterinarios o plaguicidas; por no concluir el lapso de retiro o plazo de seguridad estipulado; por contaminación ambiental por diversos elementos como los metales pesados. Por ello en México se han fijado parámetros establecidos para el control de residuos tóxicos en los alimentos; con el fin de asegurar a los ciudadanos el suministro de alimentos sanos e inocuos. Norma Oficial Mexicana NOM-004-ZOO-1994, Control de Residuos Tóxicos en carne, grasa, hígado y riñón de bovinos, equinos, porcinos y ovinos.¹³

La Comisión conjunta FAO/OMS del Codex Alimentarius (FAO/OMS, 2000) propone limitar en los productos animales los niveles máximos para plomo y cadmio. En la Unión Europea, estas recomendaciones serán de obligado cumplimiento desde el 5 de abril de 2002, fecha de entrada en vigor del Reglamento (CE) 466/2001, que fija los valores máximos de plomo de 0,5 mg/kg para despojos comestibles. Para cadmio, los niveles fijados son de 0,5 mg/kg para hígado.

Considerando que Perú es un país donde se desarrolla la minería, lo que uno se puede preguntar es si las concentraciones de metales pesados como el arsénico y plomo en el agua potable en el departamento de Cajamarca - distrito de Hualgayoc, según estudios superan los niveles permisibles según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano Peruano, lo que significa que la población más vulnerable podría quedar expuesta.¹⁴

TABLANº1: MEDIDAS REGULATORIAS DE MERCURIO Y ARSÉNICO

VARIABLES	INDICADORES
Concentración de mercurio	Concentración máxima según el Servicio Nacional de Sanidad pesquera (SANIPES) = 0,5mg/kg
Concentración de arsénico	Concentración máxima según el Servicio Nacional de Sanidad pesquera (SANIPES) = 4,0 mg/kg

– Estudios antecedentes

Antecedentes internacionales

Londoño L,et ,al (2016), “los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal”. **Objetivo:** determinar la concentración de metales pesados en cuanto a su origen.

Método: consiste en el estudio descriptivo transversal. Se utilizó 10 kg de pejerrey.

Resultado: considerar que elevadas concentraciones de dichos metales en el organismo de los seres vivos alteran los procesos bioquímicos y fisiológicos ocasionando diversas patologías.

Conclusión: la presencia de metales en el ambiente y en los animales de acuerdo con lo descrito puede desencadenar diversas intoxicaciones causando daño irreparable en la salud humana y animales (textogénicos).¹⁵

Corrales V. (2015), “acumulación de metales pesados en bivalvos y sus efectos tóxicos en la salud humana”. **Objetivo:** determinar el contenido de los metales pesados durante un periodo de 8 meses que incluye la estación seca y la estación lluviosa utilizando dos puntos de muestreo dentro del sistema de lagunas y dando seguimiento a tres especies de bivalvos.

Método: cocción no experimental. Se realizan sin manipular las variables, los fenómenos son observados entre ambiente natural para después analizarlo trasversal.

Resultado: estos moluscos debido a su tolerancia y adaptabilidad actualmente son usados como organismos para el monitoreo de la presencia de contaminación.

Conclusión: la principal forma de exposición no ocupacional al arsénico es a través de

alimento y agua pescado, marisco y por lo tanto la determinación de los contaminantes en los tejidos de los moluscos es un indicador en el medio en el cual habita.¹⁶

Prowe F, et.al (2006), "Metales pesados en crustáceos de la planicies de las profundidades del mar de ibérico". **Objetivo:** determinar e identificar la relación entre materia orgánica y metal pasado. Siendo un tema que aun hoy en día. Se encuentra sometido a remisión. **Método:** este método poco convencional busca principalmente la renovación de metales pesados en aguas residuales. **Resultado:** la presencia de metales pesados en el ambiente y los alimentos de acuerdo con lo descrito puede desencadenar diversas intoxicaciones causando daño irreparable en la salud humana y animal. **Conclusión:** se requiere programa permanente de monitoreo ambiental que incluye agua, aire y sedimento.¹⁷

- **Antecedentes Nacionales**

María C y Débora H. (2018), "Determinación de la concentración de mercurio y arsénico por espectrofotometría de absorción atómica en peces procedentes del mar de Huacho y Chorrillos". **Objetivo:** Determinar los niveles de concentración de arsénico y mercurio en peces y en agua del mar de Huacho y Chorrillos según el límite máximo permisible. **Método:** Identificar y cuantificar la concentración de Arsénico y Mercurio en agua por el método de Espectrofotometría de absorción atómica (AAS-GH). **Resultados:** A través de este método se encontró que las concentraciones de mercurio y arsénico están por debajo del límite máximo permisible de referencia, por el contrario, las concentraciones de plomo y cadmio si superaron el límite máximo permisible". **Conclusión:** los niveles de Concentración de arsénico y mercurio no se encuentran incrementados los límites máximos permisibles según MINAN 2017.¹⁸

Medina M y Nelson E. (2018), "Estudio "Ingesta de arsénico: el impacto en la alimentación y la salud humana". **Objetivo:** determinar el contenido total de arsénico y evaluar la exposición al arsénico a través de la ingesta de alimentos y agua, la normativa relacionada, toxicidad, consecuencias en la salud humana y principales alimentos que contribuyen a su ingesta. **Resultado:** La normativa es variable para cada país, y se basa en los estándares

de la OMS, *Codex Alimentarios* y la Unión Europea. Muchos estudios se enfocan en determinar el contenido total de arsénico mas no identifican las especies arsenicales en alimentos. **Conclusión:** La normativa referente al arsénico varía según el país. Para el agua potable, tenemos el estándar de la OMS y el *Codex Alimentarius*, de 10 µg AsT/L, la cual se aplica en Perú bajo nuestra propia normativa. En Perú, hay escasos estudios sobre contenido de arsénico total y especies arsenicales en alimentos a pesar que tenemos zonas con altos niveles de contaminación ambiental.¹⁹

Bertolotti F y Noé N. (2018), “Concentración de plomo, mercurio, cadmio, en músculos de peces y muestras de agua procedentes del Rio Santa, Ancash –Perú.” **Objetivo:** cuantificar la concentración de Pb, Hg y Cd en músculo de peces comercializados para consumo humano y en muestras de agua procedentes del río santa (Ancash – Perú) a los que tienen acceso los pobladores de la zona para alimentación o bebida. **Método:** el estudio transversal descriptivo consideró el muestreo de cinco peces y una muestra de agua en cada localidad fueron analizadas mediante la técnica de absorción atómica de flama. **Resultado:** en el caso del Hg, los resultados estuvieron por debajo de los límites máximos permisibles en músculo de peces establecidos por la EC; no se observó diferencia para mercurio. **Conclusión:** en las tres zonas el hg estuvo por encima de los niveles permitidos por la agencia de protección del medio ambiente de los estados unidos. Se concluye que peces y agua representan potenciales medios de contaminación de personas con metales pesados a partir de la ruta digestiva en esta zona.²⁰

Vilcapaza M y Nelson E. (2011). “En un estudio de acumulación de mercurio en pejerrey (*basilichthys bonareinses*) en hábitat norte del lago Titicaca. “**Objetivo:** Identificar y cuantificar las descargas de metales pesados como el mercurio dentro de los ambientes acuáticos. **Método:** Se tomaron como muestras de aguas en cuatro estaciones de muestreo y de pejerrey en los puntos de desembarque de las tres zonas de pesca y se realizaron 89 encuestas estructuradas para conocer la ingesta diaria de mercurio a través del consumo de pejerrey contaminado. **Resultado:** La concentración de mercurio en la muestra de pejerrey recolectado en las cuatro estaciones de muestreo indicaron valores que van de 0,04 mg/kg a 0,166 mg.kg-1, con una media de 0,107 mg/kg, los mismos que no superan la concentración máxima permisible en peces concluye que los pejerreyes de

la zona Norte del Lago Titicaca por lo que se concluye que los pejerreyes de la Zona Norte del Lago Titicaca son aptos para consumo humano.²¹

Espinoza D y Falero S. (2016), “En la investigación sobre los niveles de mercurio, cadmio, plomo y arsénico en peces del río Tumbes y riesgos para la salud humana por su consumo.” **Objetivo:** evaluar la acumulación de metales contaminantes en peces, en relación con la calidad para el consumo humano según parámetros, además de evaluar el riesgo para la salud pública por el consumo. **Método** en el siguiente estudio se recolecto ejemplares de siete especies comúnmente consumidas durante un año, usando el de absorción atómica. **Resultado:** se determinó que el contenido promedio en tejido muscular de Mercurio y Arsénico fue inferior en el Contenido Máximo Permisible (CMP) siendo todo lo contrario al contenido de plomo y cadmio superando los parámetros de calidad CMP. **Conclusión:** Este estudio también revela la extrema importancia de realizar estudios de especiación de los metales y programas de vigilancia que sean importantes señales de alerta para la salud de la ictiofauna y consumo humano.²²

- Importancia y justificación de la investigación

La investigación se justifica teóricamente ya que sus resultados nos brindaran nuestras expectativas a futuro, a fin de prevenir la contaminación por metales pesados en peces procedente del mar peruano (200 millas marítimas).

Es factible y viable muestra bibliografía del estudio y además del laboratorio de especialidades toxicológicas (Laboratorio CETOX) que cuenta con todos los materiales, y reactivos y equipos para desarrollar esta tesis.

Es importante porque los beneficiarios de esta investigación serán la población que consume esta especie.

Metodológicamente este estudio y las diferentes pruebas experimentales se realizaron mediante la técnica de Espectrofotometría de Absorción Atómica con Sistema de Generación de Hidruros, para identificar y cuantificar la concentración de metales pesados, los cuales se han depositado a lo largo de los años y pueden causar daño en la salud y tener un impacto en el desarrollo del pez.

El presente trabajo consiste en analizar a los “pejerreyes”, de metales pesados como

arsénico, mercurio y comparar si sus concentraciones superan los límites máximos permitidos según el Servicio Nacional de Sanidad Pesquera - SANIPES.

- Objetivo del estudio

Objetivo General.

Determinar la concentración de mercurio y arsénico en pejerrey (*Odontesthes regia*) comercializados en el terminal pesquero de Ancón durante el periodo Setiembre – Octubre del 2017.

Objetivos específicos

1. Determinar la concentración de mercurio en pejerrey (*Odontesthes regia*) comercializados en el terminal pesquero de Ancón durante el periodo setiembre – octubre del 2017.
2. Determinar la concentración de arsénico en pejerrey (*Odontesthes regia*) comercializados en el terminal pesquero de Ancón durante el periodo setiembre – octubre del 2017.
3. Comparar el contenido de mercurio en pejerrey (*Odontesthes regia*) comercializados en el terminal pesquero de Ancón durante los periodos setiembre – octubre del 2017 con los límites máximos permisibles establecidos por el Servicio Nacional de Sanidad Pesquera - SANIPES.
4. Comparar el contenido de arsénico en pejerrey (*Odontesthes regia*) comercializados en el terminal pesquero de Ancón durante los periodos setiembre – octubre del 2017 con los límites máximos permisibles establecidos por el Servicio Nacional de Sanidad Pesquera - SANIPES.
5. Establecer la correlación en cuanto a la presencia y contenido de mercurio y arsénico en pejerrey (*Odontesthes regia*) comercializados en el terminal pesquero de Ancón durante el periodo setiembre – octubre del 2017.

- **Hipótesis de investigación**

Hipótesis General

El pejerrey (*Odontesthes regia*) comercializados en el terminal pesquero de Ancón durante el periodo setiembre – octubre del 2017 presentará altas concentraciones de mercurio y arsénico.

Hipótesis específicas

1. El pejerrey (*Odontesthes regia*) comercializados en el terminal pesquero de Ancón durante el periodo setiembre – octubre del 2017 presentan altas concentración de mercurio superior a lo establecido por el Servicio Nacional de Sanidad Pesquera - SANIPES.
2. El pejerrey (*Odontesthes regia*) comercializados en el terminal pesquero de Ancón durante el periodo setiembre – octubre del 2017 presentan altas concentración de arsénico superior a lo establecido por el Servicio Nacional de Sanidad Pesquera – SANIPES.
3. Existe correlación en cuanto a la presencia de mercurio y arsénico en pejerrey (*Odontesthes regia*) comercializados en el terminal pesquero de Ancón durante el periodo setiembre – octubre del 2017.

II. MATERIALES Y METODOS

2.1. Enfoque diseño

En relación al enfoque es cuantitativa

Descriptivo: Se determinó las concentraciones de arsénico y mercurio y los comparamos con las normas establecidas por el organismo nacional de sanidad pesquera.

Transversal: Las variables del estudio en la determinación de los metales mencionados se medirán en un momento y tiempo definido.

Prospectivo: Los pejerreyes (*Odontesthes regia*) procedentes del terminal pesquero de Ancón en Lima durante el periodo setiembre – octubre del 2017. los pejerreyes se recolectaron después de la planeación.

2.2. Población, muestra (Criterios de inclusión y exclusión)

Población y Muestra

Los pejerreyes (*Odontesthes regia*) frescos comercializados en el terminal pesquero de Ancón durante el periodo setiembre – octubre del 2017.

Tamaño de La muestra

Se compró un kilo de pejerreyes (*Odontesthes regia*) frescos comercializados en el terminal pesquero de Ancón durante el periodo setiembre – octubre del 2017 en 10 puestos, el cual se colocó en bolsas zyploc. Los cuales fueron transportados en su respectivo cooler para su proceso.

Criterios de inclusión

Se consideran los siguientes datos:

- a) Análisis únicos del pejerrey *Odontesthes regia* comercializados en el terminal pesquero de Ancón periodo setiembre – octubre 2017.
- b) Se determinó que las concentraciones de mercurio y arsénico no pasaron el Contenido Máximo Permisible CMP.
- c) Pejerrey comercializado durante el periodo de setiembre y octubre 2017.

Criterios de exclusión

No se consideran los siguientes criterios.

- a) Análisis de otras especies
- b) Tipo de análisis de otras sustancias químicas.
- c) Pejerreyes provenientes de otros periodos.

2.3. Variable de estudio general

Variable independiente

Pejerrey (*Odontesthes regia*) comercializados en el terminal pesquero de Ancón durante el periodo setiembre – octubre del 2017.

Tipo de variable dependiente:

VARIABLE	INDICADORES
Concentración de Mercurio.	concentración máxima según el Servicio Nacional de Sanidad pesquera (SANIPES) = 0,5mg/kg.
Concentraciones de Arsénico	concentración máxima según el Servicio Nacional de Sanidad pesquera (SANIPES) = 4,0mg/kg.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

TÉCNICA: Espectrofotometría de absorción atómica (EAA), en llama y horno de grafito Ficha de Observación

REACTIVOS, MATERIALES, INSTRUMENTOS Y EQUIPO.

Reactivos

- ❖ Agua ultra pura Tipo I, usada para la preparación de reactivos y limpieza los materiales de vidrio.
- ❖ Ácido nítrico ultra puro 65%
- ❖ Ácido clorhídrico ultra puro 35%
- ❖ Agua oxigenada 30% vol.
- ❖ Solución stock: 1000mg/L de Hg como $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$
- ❖ Solución stock: 1000mg/L de As como $\text{As}(\text{NO}_3)_3$
- ❖ Solución modificante: Ácido Fosfórico (1%) ultra puro
- ❖ Hidróxido de Sodio Q.P
- ❖ Boro hidruro de Sodio Q.P
- ❖ Ioduro de Potasio Q.P

Materiales

- ❖ Fiolas Clase A de 25 ml y 100 mL
- ❖ Matraces de 100 mL Clase A
- ❖ Pipetas automáticas de 100 μL – 1000 μL
- ❖ Pipetas automáticas de 500 μL – 5000 μL
- ❖ Tips de 100 μL – 1000 μL
- ❖ Tips de 500 μL – 5000 μL
- ❖ 2 Cooler medianos.
- ❖ Bolsas Zyploc de 8 cm. x 12 cm.
- ❖ Plumón indeleble negro.
- ❖ Balanza digital.
- ❖ Cuchillos.
- ❖ Guantes estériles.

Instrumentos y Equipos

- ❖ Espectrofotómetro de Absorción Atómica con Horno de Grafito Perkin Elmer Analyst 600 y con FIAS (Generación de Hidruros).
- ❖ Digestor Microondas Multiwave.
- ❖ Campana extractora.
- ❖ Balanza eléctrica y destilador de agua.

2.5. Procedimiento para recolección de datos

Técnica Operatoria

Espectroscopia de Absorción Atómica.

La Espectroscopia de Absorción Atómica (EAA), La técnica hace uso de la espectrometría de absorción para evaluar la concentración de un analito en una muestra. Se basa en gran medida en la ley de Beer-Lambert. En resumen, los electrones de los átomos en el atomizador pueden ser promovidos a orbitales más altos por un instante mediante la absorción de una cantidad de energía (es decir, luz de una determinada longitud de onda). Esta cantidad de energía (o longitud de onda) se refiere específicamente a una transición de electrones en un elemento particular, y en general, cada longitud de onda corresponde a un solo elemento.²³

Como la cantidad de energía que se pone en la llama es conocida, y la cantidad restante en el otro lado (el detector) se puede medir, es posible, a partir de la ley de Beer-Lambert, calcular cuántas de estas transiciones tiene lugar, y así obtener una señal que es proporcional a la concentración del elemento que se mide.

Para analizar los constituyentes atómicos de una muestra es necesario atomizarla. La muestra debe ser iluminada por la luz. Finalmente, la luz es transmitida y medida por un detector. Con el fin de reducir el efecto de emisión del atomizador (por ejemplo, la radiación de cuerpo negro) o del ambiente, normalmente se usa un espectrómetro entre el atomizador y el detector.

Espectrometría de Absorción atómica asociado a un Horno de Grafito.

La atomización de la muestra y la absorción de radiación proveniente de una fuente por los átomos libres. El tratamiento de la muestra hasta la atomización comprende las siguientes etapas: Secado. Una vez que la muestra ha sido inyectada en el tubo de grafito, se calienta a una temperatura algo inferior al punto de ebullición del solvente (usualmente entre 80 a 180 °C). El objetivo de esta etapa es la evaporación del solvente. La muestra inyectada (2-20 µL) en el horno de grafito es sometida a una temperatura algo inferior al punto de ebullición del solvente (80-180 °C).²⁴ Aquí se evaporan el solvente y los componentes volátiles de la matriz. Calcinado. El próximo paso del programa es el calcinado por incremento de la temperatura, para remover la mayor cantidad de material (materia orgánica) de la muestra como sea posible, sin pérdida del analito. La temperatura de calcinación usada varía típicamente en el rango de 350 a 1600 °C. Durante el calcinado, el material sólido es descompuesto mientras que los materiales refractarios, como por ejemplo los óxidos, permanecen inalterados. Atomización. En esta etapa, el horno es calentado rápidamente a altas temperaturas (1800-2800 °C) para vaporizar los residuos del paso de calcinado. Este proceso lleva a la creación de átomos libres en el camino óptico⁽²⁴⁾. Se mide la absorbancia durante este paso. La temperatura de atomización depende de la volatilidad del elemento. Usualmente se agrega una cuarta etapa para limpieza del horno a una temperatura algo superior a la temperatura de atomización. Cuanto mejor sea la separación de los elementos concomitantes del analito, mejor será la atomización y la determinación estará más libre de interferencias. En este sistema, la atomización tiene lugar en un tubo cilíndrico de grafito abierto en ambos extremos y que tiene un orificio central para la introducción de la muestra mediante un inyector automático. El tubo tiene unos 5 cm de largo y un diámetro interno algo menor a 1 cm (existen por supuesto aparatos de dimensiones distintas).²⁴

Espectrometría de Absorción atómica Generador de Hidruros.

Hay algunos elementos que son difíciles de volatilizar con una llama o un horno. Para estos elementos se utiliza la técnica de generación de vapor, ya sea formando el hidruro metálico del elemento (As, Bi, Sb, Sn, Se y Te) o directamente vapores como en el caso del Hg. La generación de vapor aumenta la sensibilidad de la técnica de absorción atómica, especialmente en estos elementos que tienen importancia como contaminantes ambientales o en toxicología.

Hay dos métodos a través de los cuales se puede formar un hidruro:

- 1) El método del borohidruro de sodio, NaBH_4 , que implica la reacción del elemento analito, en una solución ácida, con el NaBH_4 para formar hidruros gaseosos del elemento en estudio.
- 2) El método del cloruro estaño II, SnCl_2 , en el cual se agrega $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ a la muestra. La solución obtenida reacciona con el SnCl_2 que está en medio ácido para formar el hidruro gaseoso del elemento de interés.

Una vez formado el hidruro gaseoso, éste es separado de la solución y transportado por un gas portador hasta una celda de cuarzo, donde es calentado produciéndose la descomposición térmica (atomización). Como la celda está en el paso óptico de la radiación emitida por la lámpara de cátodo hueco, se produce una absorción de la luz por parte de los átomos del analito que será proporcional a su concentración.

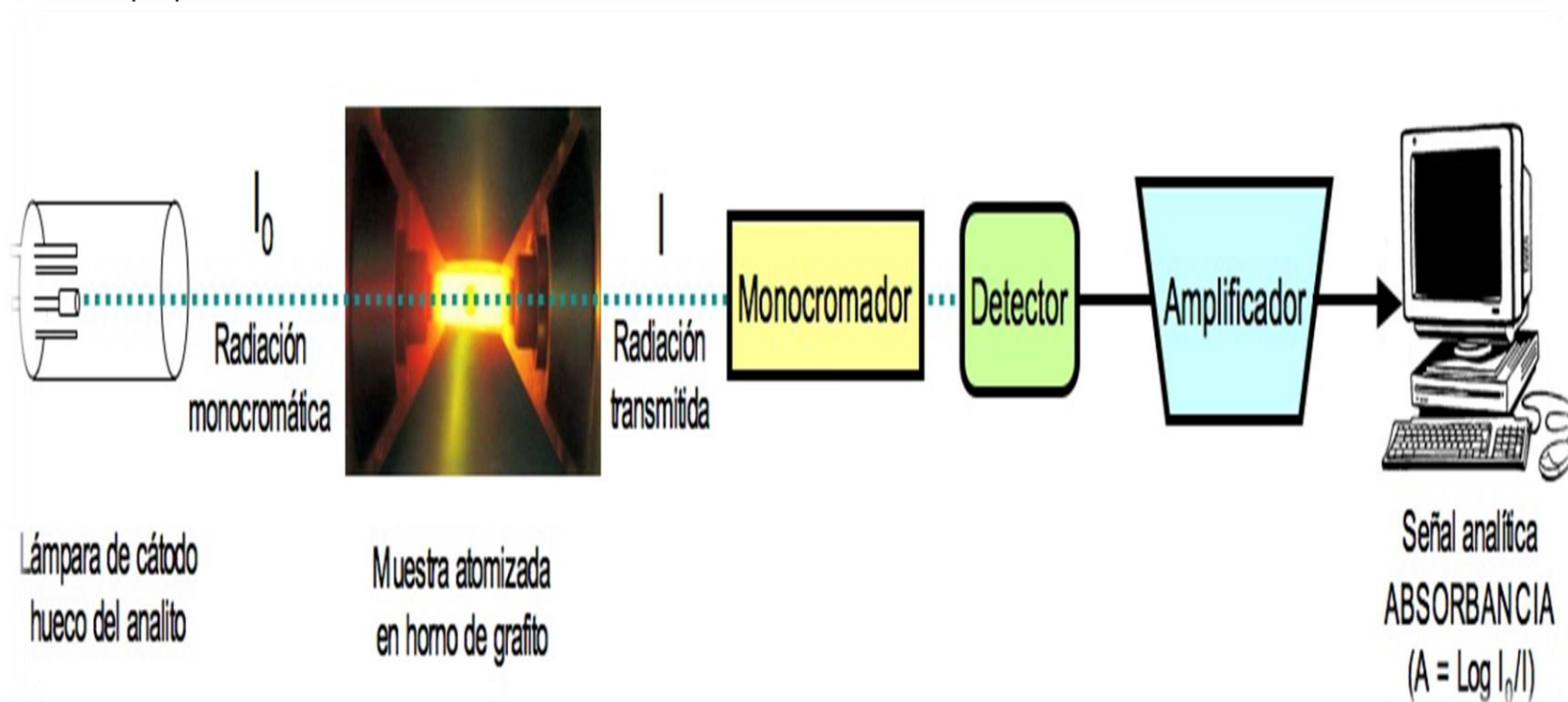


Figura 4: Espectrofotetría de Absorción Atómica ⁽²⁹⁾

Aplicación de instrumento (s) de recolección de datos

Preparación de la muestra

a) Limpieza y acondicionamiento de material

Todo el material de vidrio utilizado en este análisis después de su lavado fue enjuagado con ácido Nítrico y con agua Ultrapura y finalmente secado en estufa.

b) Procedimiento:

De los 100 gramos de muestra (musculo) se pesó 0,5 gramos en un tubo de teflón, al que se le adicionara 6 mL Ácido Nítrico Ultra puro al 65%, más 1 mL Ácido Clorhídrico Ultrapuro al 35% y 0,5 mL de Agua oxigenada Ultrapura al 30%. Se sella y es llevado al Digestor de Microondas a una potencia de 1600 w, a un tiempo de 30 minutos y de 15 minutos de enfriamiento. Luego fueron transvasados a fioles de 25 mL y enrasados con agua ultrapura tipo I quedando listos para su correspondiente lectura al Espectrofotómetro de Absorción Atómica.

Digestión Asistida por Microondas

El presente método emplea la vibración de los enlaces de las moléculas de agua cuando esos son expuestos a la radiación Microondas generando calor y por ende la destrucción de la materia orgánica.

Destrucción de la materia orgánica por el método del Digestión Asistida por Microondas: consiste en la digestión de la muestra (pejerrey) es decir la destrucción de la materia orgánica (DMO) por oxidación con la ayuda del digestor de microondas con el fin de romper la unión entre los metales y la materia orgánica.

Determinación de mercurio y arsénico:

- ❖ Para Mercurio se empleó una lámpara de cátodo hueco a una longitud de onda de 253,7 nm por horno de grafito.
- ❖ Para Arsénico se empleó una lámpara de cátodo hueco a una longitud de onda de 193,70nm con Generador de Hidruros.

2.6. Métodos de análisis estadístico

Se hará mediante el método de Espectrofotometría de Absorción Atómica por flama para determinación de mercurio y la determinación de arsénico se realizará mediante un Generador de Hidruros, utilizándose en la actualidad con éxito para reducir los límites de detección. Para la interpretación de los resultados serán analizados los datos para determinar tanto los valores máximos como los valores mínimos de la concentración de cada metal en la muestra para apreciar el grado de variabilidad que hay entre ellos. Luego se analizarán los datos para determinar la correlación entre los metales cuantificados, el grado de correlación se obtendrá aplicando el coeficiente de correlación de Pearson entre los valores obtenidos de mercurio y arsénico. Los datos obtenidos serán comparados con el límite máximo establecido, para que finalmente se determine si los valores hallados en la investigación superan o no a los parámetros establecidos por SANIPES.

Determinación de Mercurio por Espectrofotometría de Absorción Atómica con detector de horno de grafito.

PARÁMETROS DE INSTRUMENTO	
Tipo de Sistema	Flama
Elemento	Hg
Matriz	Ácido Fosfórico.
Corriente de Lámpara	3,00mA
Longitud de Onda	253,70nm
Ancho de corte	0,50 nm
Tamaño de Apertura	Normal

PARÁMETROS DE CALIBRACIÓN

Modo de Calibración	LS Lineal a través de Cero
Muestra fuera de rango de acción	No
Unidades de Concentración	Pb
Punto decimal de Concentración	2
Falla de Calibración	No
Acción de fallo de cal	Parar
Medir muestra en Blanco después de Cal.	No
Auto-guardar método después de cal.	Si

PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE MUESTRA

Modo de Medición	Integración
Introducción de Muestras	Manual.
Constante de Tiempo	0,00 s
Replicas	2

CALIBRACIÓN COMPLETA

Modo de calibración: LS Lineal A través de Cero, Error máx.: 0,1377, R2: 0,9999, R: 1, Concentración = 142,7132 *Absorbancia.

Muestra Etiquetada	Concentración Hg (ppb)	Media Absorbancia
Cal. Blanco	-----	0,0000
Estándar 1	5,00	0,0360
Estándar 2	10,00	0,0710
Estándar 3	20,00	0,1400
Estándar 4	40,00	0,2800

Curva de calibración: relación de la absorbancia y concentración de mercurio.

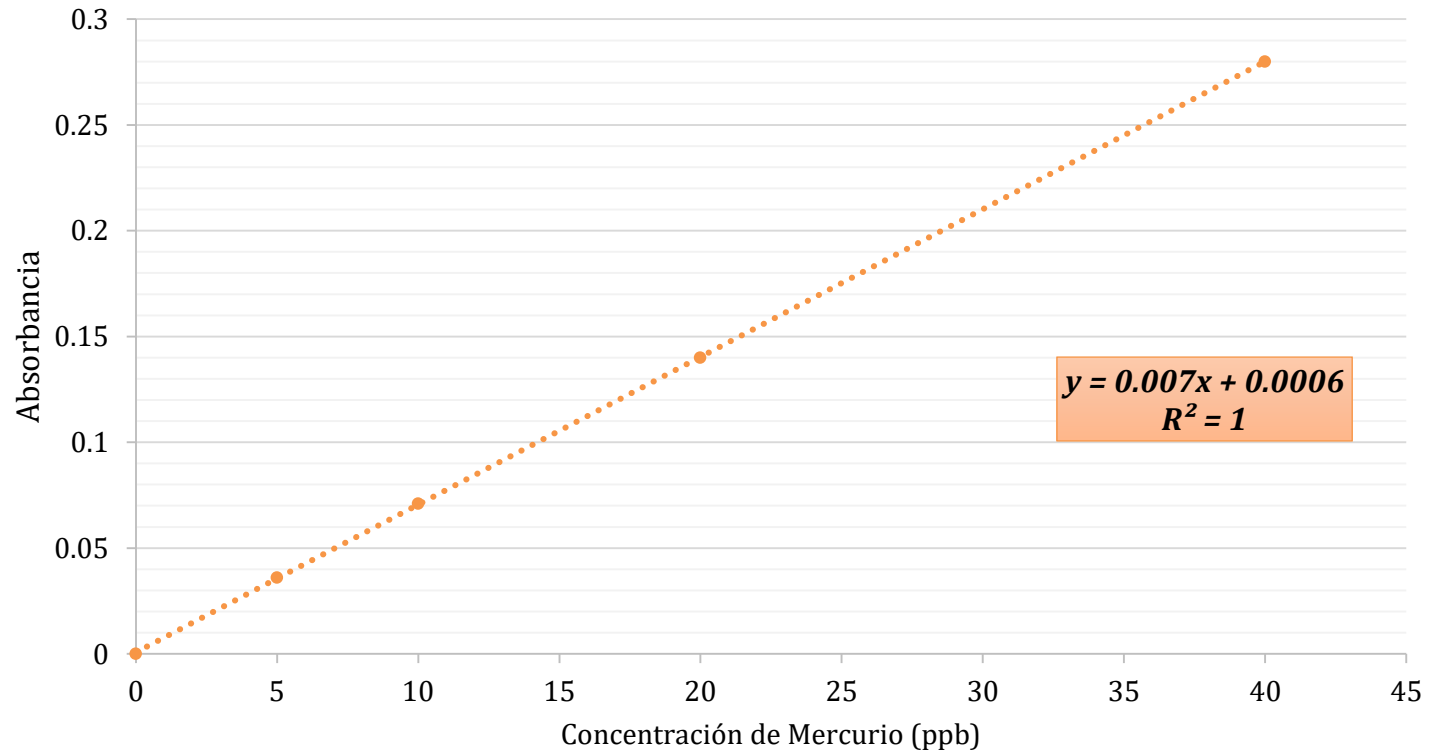


Figura 5: Curva de calibración: relación de la absorbancia y concentración de mercurio.

PARÁMETROS DE INSTRUMENTO	
Tipo de Sistema	Generación de Hidruros (FIAS).
Elemento	As
Matriz	HCl 30%
Corriente de Lámpara	8,00Ma
Longitud de Onda	193,70nm
Ancho de corte	2,00 nm
Tamaño de Apertura	Reducido
Modo de Instrumento	Apagar Absorbancia BC

PARAMETROS DE CALIBRACIÓN	
Modo de Calibración	LS Lineal a través de Cero
Muestra fuera de rango de acción	No
Unidades de Concentración	Ppb
Punto decimal de Concentración	2
Falla de Calibración	No
Acción de fallo de calibración	Parar
Medir muestra en Blanco después de Calibración	No
Auto-guardar método después de cal.	Si

PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE MUESTRA	
Modo de Medición	Integración
Introducción de Muestras	Manual.
Constante de Tiempo	0,00 s
Replicas	3
PARAMETROS CONTROL DE FLAMA	
Tipo de Flama	Aire- Acetileno
Combustible	1,100 l/min
Flujo de Aire	11,10
Angulo de Quemador	0,00 °

– CALIBRACIÓN COMPLETA:

Muestra Etiquetada	Concentración As (ppb)	Media Absorbancia
Cal. Blanco	-----	0,0000
Estándar 1	2,50	0,145
Estándar 2	5,00	0,295
Estándar 3	7,50	0,439
Estándar 4	10,00	0,590

CURVA DE CALIBRACIÓN: RELACIÓN DE LA ABSORBANCIA Y CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO.

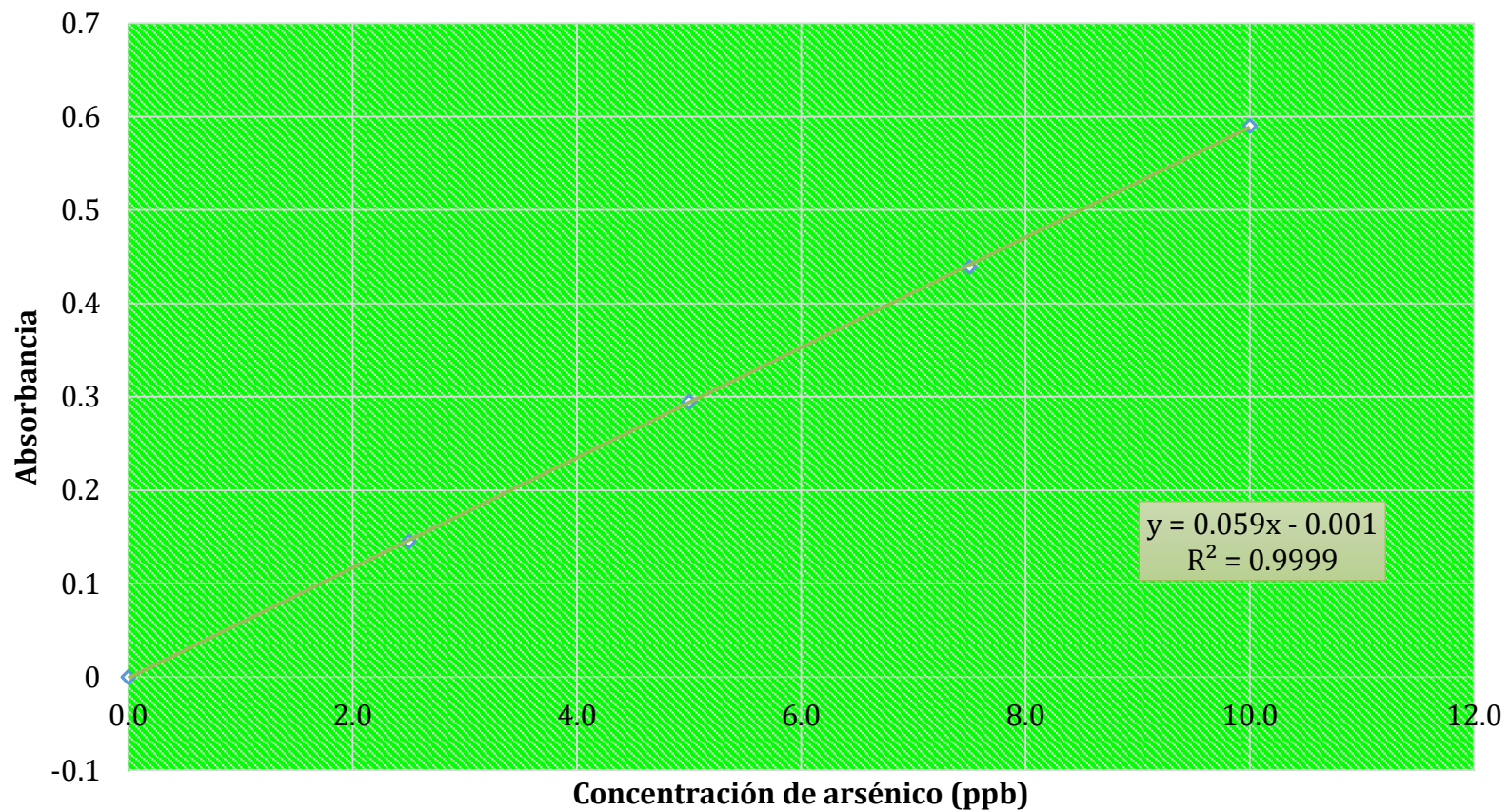


FIGURA 6: Curva de calibración: relación de la absorbancia y concentración de arsénico

V. RESULTADOS

Tabla 2: Determinación cuantitativa de la concentración de mercurio y arsénico en pejerrey (*Odontesthes regia*) comercializados en el terminal pesquero de Ancón durante el periodo setiembre – octubre del 2017.

ORDEN	CODIGO	ARSENICO (ppm)	MERCURIO (ppm)
1	A – 01	1,66	0,18
2	A – 02	1,18	0,11
3	B – 01	0,52	0,26
4	B – 02	0,45	0,22
5	C – 01	0,86	0,14
6	C – 02	0,78	0,19
7	D – 01	1,96	0,03
8	D – 02	1,21	0,06
9	E – 01	1,11	0,18
10	E – 02	0,83	0,12
11	F – 01	0,56	0,24
12	F – 02	0,62	0,25
13	G – 01	0,49	0,11
14	G – 02	0,58	0,16
15	H – 01	0,91	0,18
16	H – 02	1,35	0,21
17	I – 01	1,15	0,13
18	I – 02	0,95	0,16
19	J – 01	0,67	0,14
20	J – 02	0,79	0,17

Interpretación: En la tabla se puede observar la concentración de mercurio y arsénico en pejerrey (*Odontesthes regia*) comercializados en el terminal pesquero de Ancón durante el periodo setiembre – octubre del 2017.

TABLA 3: Niveles de concentración de mercurio en pejerrey (*Odontesthes regia*) comercializados en el terminal pesquero de Ancón durante el periodo setiembre – octubre del 2017.

ORDEN	CODIGO	MERCURIO (ppm)
1	A – 01	0,18
2	A – 02	0,11
3	B – 01	0,26
4	B – 02	0,22
5	C – 01	0,14
6	C – 02	0,19
7	D – 01	0,03
8	D – 02	0,06
9	E – 01	0,18
10	E – 02	0,12
11	F – 01	0,24
12	F – 02	0,25
13	G – 01	0,11
14	G – 02	0,16
15	H – 01	0,18
16	H – 02	0,21
17	I – 01	0,13
18	I – 02	0,16
19	J – 01	0,14
20	J – 02	0,17

Interpretación: En este cuadro observamos los valores de mercurio en pejerrey (*Odontesthes regia*) comercializados en el terminal pesquero de Ancón durante el periodo setiembre – octubre del 2017 siendo su valor promedio de 0,16 ppm, su valor mínimo 0,03 ppm y su valor máximo 0,26 ppm.

Valores de Mercurio (ppm) en variedades de Pejerrey (*Odontesthes regia*)

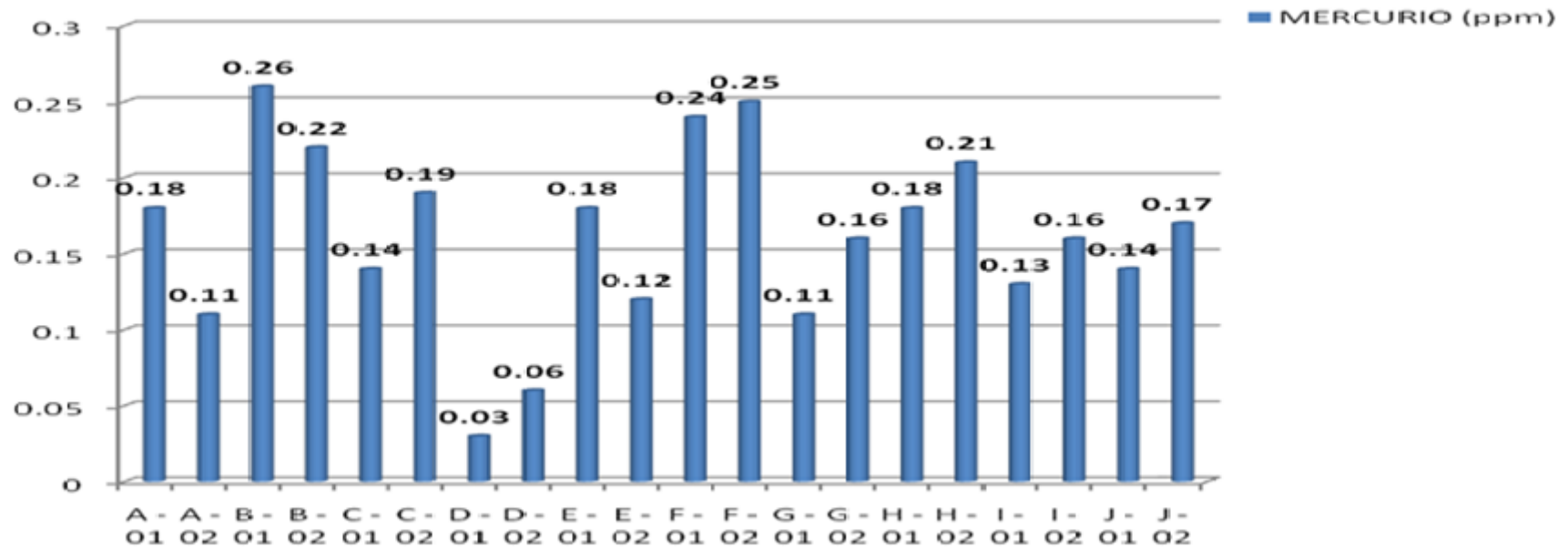


Figura 7: Niveles de concentración de mercurio en pejerrey (*Odontesthes regia*) comercializados en el terminal pesquero de Ancón durante el periodo setiembre – octubre del 2017.

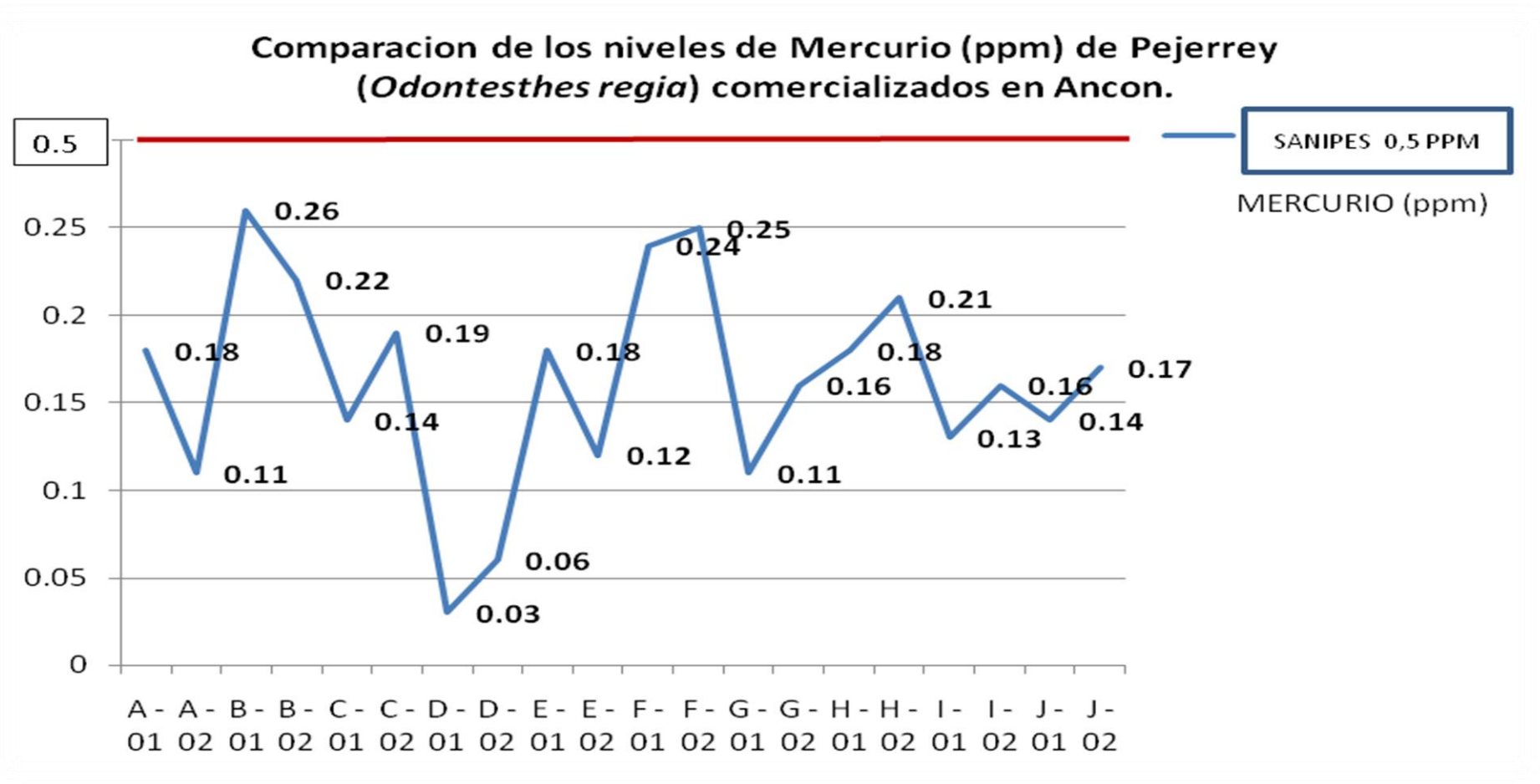


Figura 8: Niveles de concentración de mercurio en pejerrey (*Odontesthes regia*) comercializados en el terminal pesquero de Ancón durante el periodo setiembre – octubre del 2017 versus el SANIPES.

Supera el valor permitido por SANIPES (0,50 mg/Kg)	00%
No supera el valor permitido por SANIPES (0,50 mg/Kg)	100%

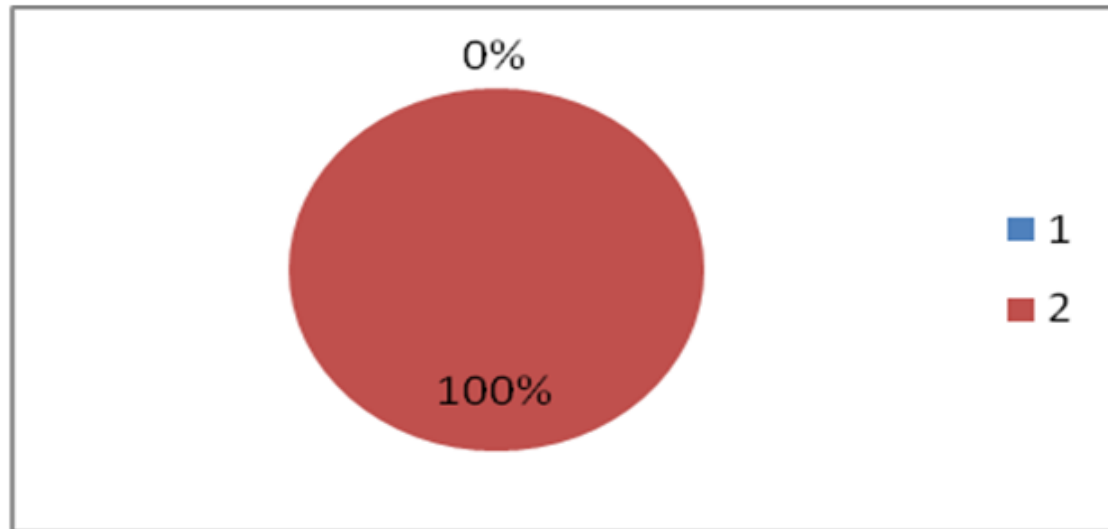


Figura 9: Concentración de mercurio en pejerrey (*Odontesthes regia*) comercializados en el terminal pesquero de Ancón durante el periodo setiembre – octubre del 2017 versus el SANIPES.

En esta figura podemos apreciar que el 00 % mercurio en pejerrey (*Odontesthes regia*) comercializados en el terminal pesquero de Ancón durante el periodo setiembre – octubre del 2017 versus el valor límite máximo permisible SANIPES no superan el parámetro establecido y el 100% no lo supera.

TABLA 4: Niveles de concentración de arsénico en pejerrey (*Odontesthes regia*) comercializados en el terminal pesquero de Ancón durante el periodo setiembre – octubre del 2017.

ORDEN	CODIGO	ARSENICO (ppm)
1	A – 01	1,66
2	A – 02	1,18
3	B – 01	0,52
4	B – 02	0,45
5	C – 01	0,86
6	C – 02	0,78
7	D – 01	1,96
8	D – 02	1,21
9	E – 01	1,11
10	E – 02	0,83
11	F – 01	0,56
12	F – 02	0,62
13	G – 01	0,49
14	G – 02	0,58
15	H – 01	0,91
16	H – 02	1,35
17	I – 01	1,15
18	I – 02	0,95
19	J – 01	0,67
20	J – 02	0,79

Interpretación: En este cuadro observamos los valores de arsénico en pejerrey (*Odontesthes regia*) comercializados en el terminal pesquero de Ancón durante el periodo setiembre – octubre del 2017 siendo su valor promedio de 0,93 ppm, su valor mínimo 0,45 ppm y su valor máximo 1,96 ppm.

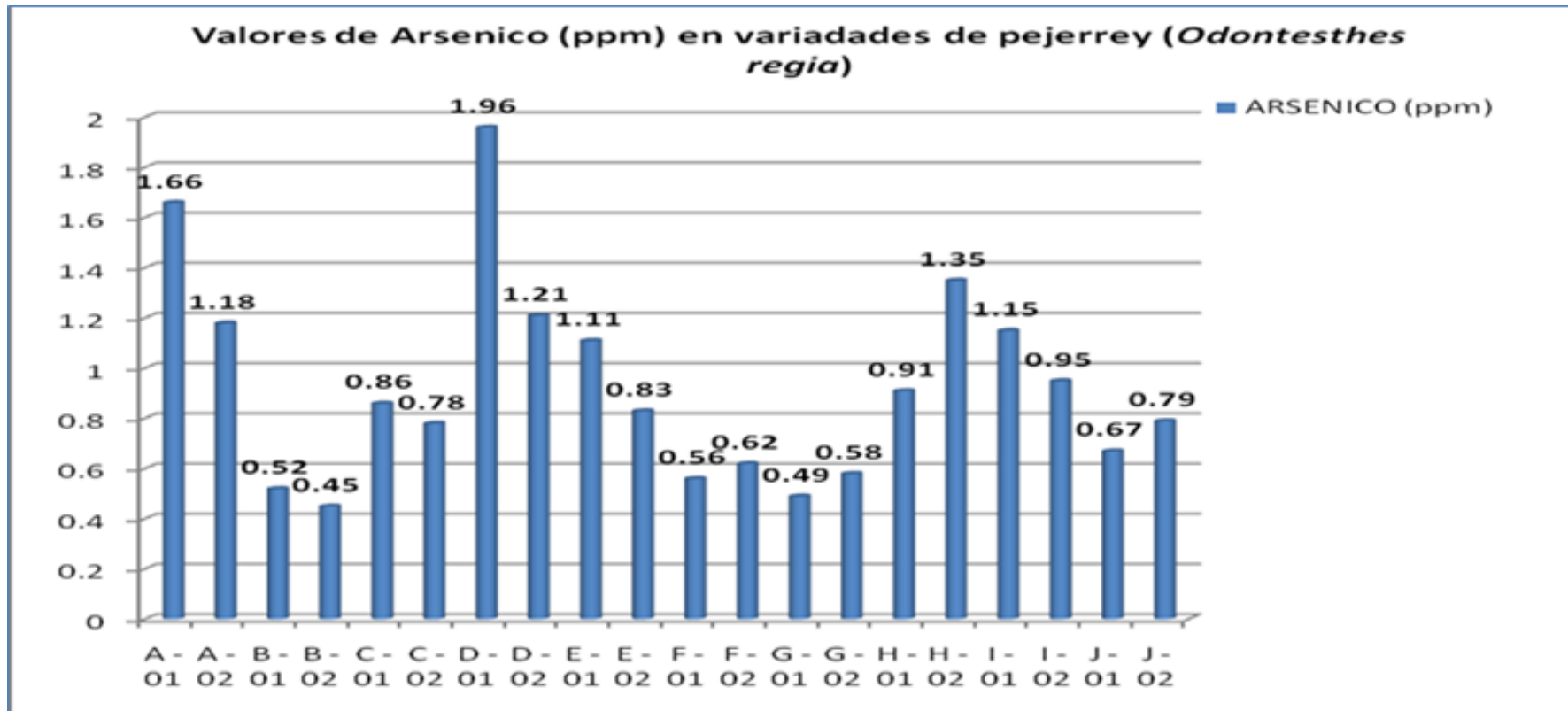


Figura 10: Niveles de concentración de arsénico en pejerrey (*Odontesthes regia*) comercializados en el terminal pesquero de Ancón durante el periodo setiembre – octubre del 2017.

En esta figura podemos apreciar que el 00 % de las muestras analizadas en pejerrey (*Odontesthes regia*) comercializados en el terminal pesquero de Ancón durante el periodo setiembre – octubre del 2017 versus SANIPES no superan el parámetro valor límite máximo permisible establecido por SANIPES.

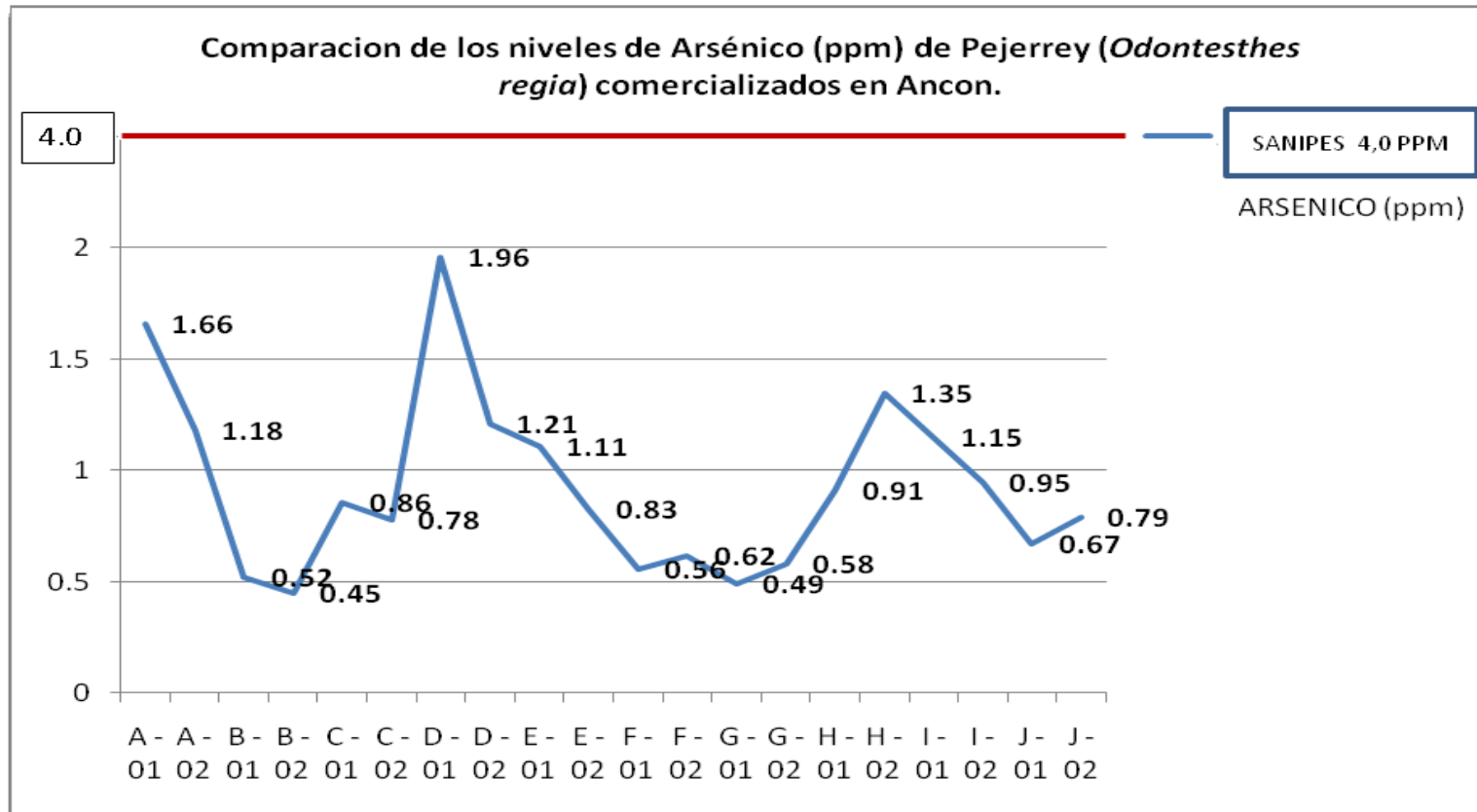


Figura 11: Niveles de concentración de arsénico en pejerrey (*Odontesthes regia*) comercializados en el terminal pesquero de Ancón durante el periodo setiembre – octubre del 2017 versus SANIPES.

En esta figura podemos apreciar que el 00 % en pejerrey (*Odontesthes regia*) comercializados en el terminal pesquero de Ancón durante el periodo setiembre – octubre del 2017 versus SANIPES no superan el parámetro valor límite máximo permisible establecido por SANIPES.

Supera el valor permitido por SANIPES (4,00 mg/Kg)	0%
No supera el valor permitido por SANIPES (4,00 mg/Kg)	100%

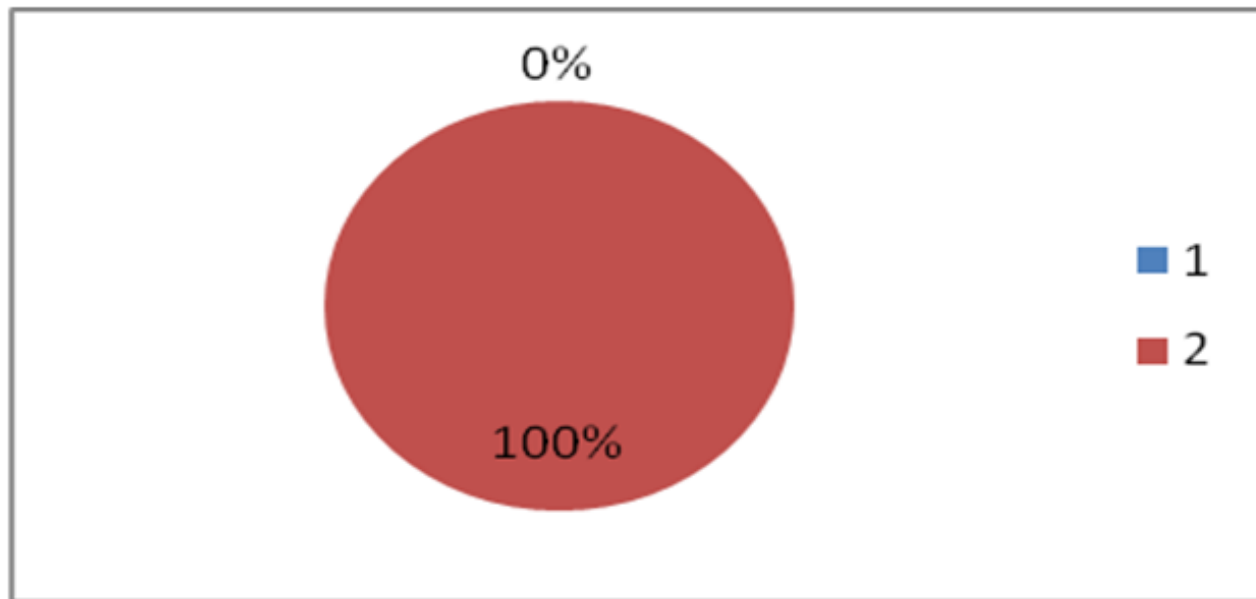


Figura 12: Concentración de arsénico en pejerrey (*Odontesthes regia*) comercializados en el terminal pesquero de Ancón durante el periodo setiembre – octubre del 2017 versus el SANIPES.

La correlación de presencia de mercurio y arsénico en pejerrey (*Odontesthes regia*) comercializados en el terminal pesquero de Ancón durante el periodo setiembre – octubre del 2017 versus SANIPES es de cero.

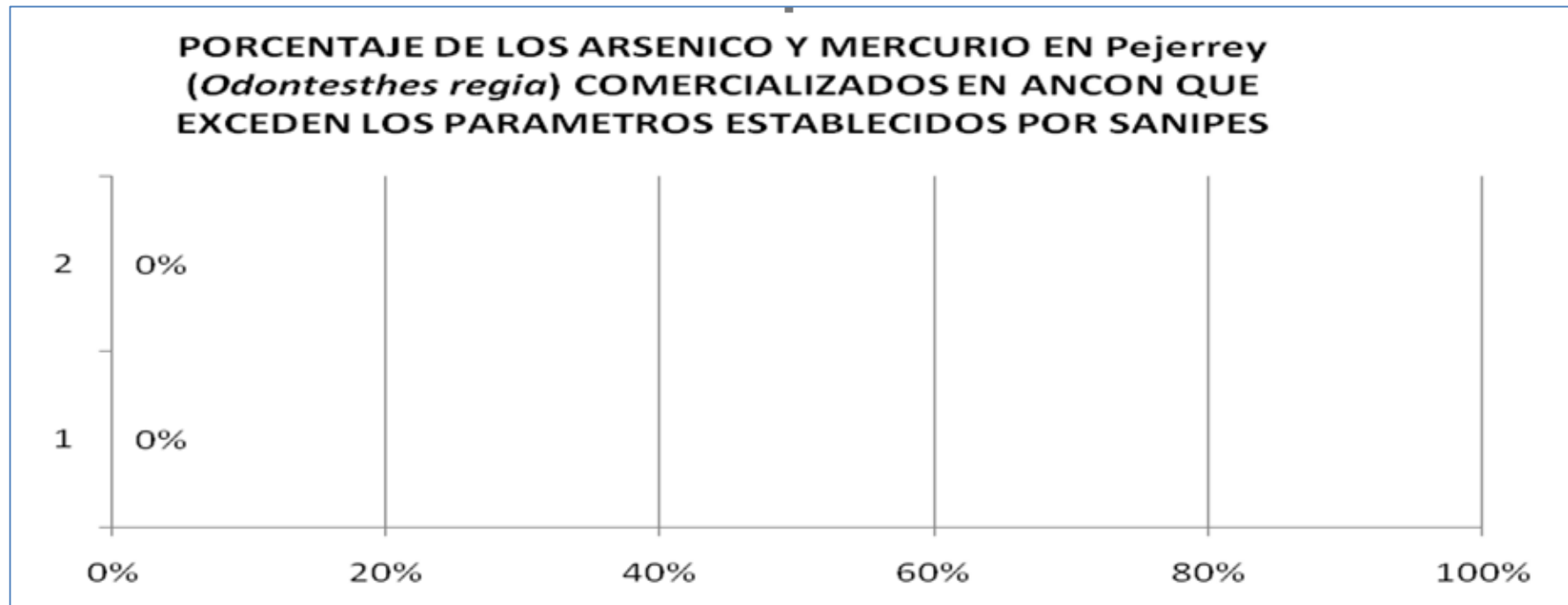


Figura 13: Correlación de presencia de mercurio y arsénico en pejerrey (*Odontesthes regia*) comercializados en el terminal pesquero de Ancón durante el periodo setiembre – octubre del 2017 versus SANIPES.

IV. DISCUSIÓN

4.1. Discusión

Nuestro país es muy rico en riqueza ictiológica, debido a las características particulares de nuestro mar y eso hace que sea de consumo masivo. Por ello realizamos un estudio sobre la “Determinación cuantitativa de la concentración de mercurio y arsénico en pejerrey (*Odontesthes regia*) comercializados en el terminal pesquero de Ancón durante el periodo setiembre – octubre del 2017”.

Londoño ha reportado que estudio sobre los metales pesados y el riesgo potencial que pueden representar en la salud del hombre y los animales, incluyendo la cadena trófica de nuestra investigación mencionamos que las concentraciones de los metales pesados en las especies de pejerrey su valor promedio es de 0,16 mg/kg. ⁽¹⁵⁾

Según la tabla 2 en nuestro estudio se halló que la concentración de mercurio varía de 0,03 mg/kg a 0,26 mg/kg en pejerrey (*Odontesthes regia*) comercializados en el terminal pesquero de Ancón durante el periodo setiembre – octubre del 2017. Asimismo, **Corrales** ⁽¹⁶⁾ indico que los investigadores lograron concluir que la contaminación en dicha zona de España no representa un problema para el consumo de bivalvos, ya que ninguno de los valores regulados por la Comisión Europea, como límite máximo de tolerancia (MTL por sus siglas en inglés) recomendado para Hg, Pb, y Cd (3,3; 10; y 6,6 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$).

Se observa la optimización del método de análisis en el equipo de Absorción Atómica (AA) con horno de grafito, y sobre todo el estudio de Rodríguez-Santiago, permite un desarrollo del método en óptimas condiciones, ya que indica claramente cuáles deberían de ser los parámetros a controlar y verificar para obtener las mejores condiciones de análisis y por ende los mejores resultados. Así nuestros resultados concuerdan con **Prowe et,al** ⁽¹⁷⁾ se analizaron trazas de metales (Cd, Cu, Pb y Zn) en diferentes muestras de mezclas bien definidas de Copepoda y Euphausiacea así como en Decapoda, recolectadas en una campaña del crucero “RV Walther Herwig III” en la Llanura Abisal Ibérica durante los meses de marzo y abril del 2006, la evaluación de los resultados de este estudio puso de manifiesto que el pejerrey son los alimentos que contribuyen de forma más significativa a la ingesta de contaminantes a través de la dieta y las concentraciones de los metales hallados fueron: arsénico cuyo valor promedio es 0,93 mg/kg de peso en fresco, en nuestro

estudio se halló que la concentración de mercurio varía de 0,45 mg/kg a 1,96 mg/kg en pejerrey (*Odontesthes regia*) comercializados en el terminal pesquero de Ancón durante el periodo setiembre – octubre del 2017 siendo un producto alimenticio que no cuenta con presencia de metales mercurio y arsénico y por lo tanto un producto alimenticio para consumir. La ausencia de mercurio y arsénico en pejerrey (*Odontesthes regia*) comercializados en el terminal pesquero de Ancón durante el periodo setiembre-octubre del 2017 se debe a que en el momento que se realizó la pesca la mar no se encontraba contaminada. Asimismo **María & Devora** ⁽¹⁸⁾ indicaron que el resultado obtenido de la concentración de Arsénico en tejido muscular fue de 0.00265 mg/kg y Mercurio en hígado fue de 0.03945 mg/kg; estas concentraciones comparadas con la norma de la Unión Europea, Codex Alimentarius y la norma peruana de Sanidad Pesquera se encuentran por debajo del límite máximo permisible. Los niveles de concentración de arsénico y mercurio en el agua de mar no superan los valores máximos permisibles establecidos por el Ministerio del Ambiente (Minan). los valores máximos permisible (LD) y los resultados de coliformes totales dieron como resultado menor a 2,2 NMP/100 indicando un límite por debajo de lo aceptado. Según los LMP establecido por el Ministerio del Ambiente. Se concluye que los niveles de concentración de arsénico y mercurio en órganos blandos de peces y en el agua procedentes del litoral de mar peruano específicamente en Huacho y Chorrillos no se encuentran incrementados según el límite máximo permisible, por lo cual se puede afirmar que si cumple con dicho parámetro de calidad siendo apto para el consumo humano. Así con lo reportado por **Vilcapaza & Nelson** se tomaron muestras de aguas en cuatro estaciones de muestreo y de pejerrey en los puntos de desembarque de las tres zonas de pesca y se realizaron 89 encuestas estructuradas para conocer la ingesta diaria de mercurio a través del consumo de pejerrey contaminado ²¹. Las muestras de agua indican que el pH varía entre 8,14 a 8,94 en el punto de muestreo Ramis (Lámar Punta), el pH (8,94) supera los estándares nacionales de calidad ambiental para el agua. Las concentraciones de mercurio en pejerrey en cuatro estaciones de muestreo, indican valores que van de 0,04 mg/kg a 0,166 mg.kg-1, con una media de 0,107 mg/kg, los mismos que no superan la concentración máxima permisible en peces, que es de 0,50 mg.kg-1 (FAO-OMS y FDA). otro estudio los resultados obtenidos de **Espinoza & Falero** ⁽²²⁾. se compararon con los contenidos máximos permisibles (CMP) y los estándares a utilizar corresponden a arsénico, cadmio, mercurio y plomo, según la Unión Europea (2006)

y Canadá (2009); además, en la determinación de los parámetros de riesgo para salud pública, se utilizó el valor de EWI (ingesta semanal promedio). Se determinó que el contenido promedio de Hg y As es inferior al CMP correspondiente, por lo cual se puede afirmar que sí cumple con dicho parámetro de calidad.

Los análisis se realizaron en el laboratorio de CETOX.

4.2. Conclusiones

- Las veinte muestras de pejerrey (*Odontesthes regia*) comercializados en el terminal pesquero de Ancón durante el periodo Setiembre – Octubre del 2017, presentan un nivel promedio de mercurio y arsénico que no superan los límites máximos permisibles por SANIPES a diferencias de los antecedentes internacionales que si presentan.
- El 100% de las muestras analizadas de pejerrey (*Odontesthes regia*) comercializados en el terminal pesquero de Ancón durante el periodo Setiembre – Octubre del 2017 no superan los valores máximo permisibles de mercurio y arsénico dado por SANIPES a diferencia de las investigaciones internacionales que, si presentan, por lo tanto, es un producto natural de consumir.
- La correlación de mercurio y arsénico en las muestras analizadas de pejerrey (*Odontesthes regia*) comercializados en el terminal pesquero de Ancón durante el periodo Setiembre – Octubre del 2017 es de cero.
- El presente estudio se concluye de los valores obtenidos en pejerrey (*Odontesthes regia*) comercializados en el terminal pesquero de Ancón durante el periodo Setiembre – Octubre del 2017 son aptos para el consumo humano.

4.3. Recomendaciones

- Es necesario que se establezcan programas de vigilancia en lugares sospechosos de contaminación, con la finalidad de prevenir a tiempo las intoxicaciones o los daños en el ecosistema.
- Monitorizar los pescados frescos provenientes del Terminal Pesquero de Ancón y todos los terminales pesqueros del litoral peruano, que presentan mayor carga de contaminación en las muestras analizadas, que superan los parámetros del Servicio Nacional de Sanidad Pesquera para mercurio y arsénico.
- En base a los resultados obtenidos se recomienda que se continúen investigaciones adicionales de metales en pejerreyes en otras regiones, los cuales respalden la necesidad de tener parámetros propios que regulen la presencia de estos metales en este producto.
- Que los municipios se preocupen en difundir el trabajo en tratamiento a los desagües para evitar contaminar el mar y a la vez mantener una vida saludable de los peces que habitan en estos lugares.
- Realizar monitoreo constante que permitan dar soporte al control de calidad y dar confiabilidad para el consumo de lo mismo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Mancera N, Alvares R. Estado del conocimiento de las concentraciones de mercurio y otros metales pesados en peces dulceacuícolas de Colombia. Rev. Acta Biológica Colombiana. [Internet]. 2006 [citado 14 Nov 2017];11(1): 3 - 23. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v11n1/v11n1a01.pdf>
2. Información proporcionada por la Alianza de Alimentos Enlatados. Para cientos de recetas nutritivas, deliciosas y fáciles que usan comida enlatada [Internet]. [citado 14 Nov 2017]; Disponible en: <http://www.foodreference.com/html/artcanninghistory.html>
3. De Mora S, Scott F, Wyse E, Azemard S. Distribución de metales pesados en bivalvos marinos, peces y sedimentos costeros en el Golfo y el Golfo de Omán. Elsevier [Internet]. 2004 [citado 28 Nov 2017];49(1):5-6. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X04000827?via%3Dihub>
4. Barros S, Regidor H, Iwaszkiw J. Biología pesquera del Pejerrey *Odontesthes bonariensis* (Cuvier y Valenciennes, 1835) en el subtrópico de Argentina. Revista AquaTIC [Internet] 2004 [citado 06 Dic 2018];20(20):32-37. Disponible en: http://revistaaquatic.com/aquatic/pdf/20_04.pdf
5. Seiler, H.G.; Sigel, H.; Sigel, A. Manual sobre toxicidad de compuestos inorgánicos.[Internet] vol. 24 Estados Unidos (1988) [citado 06 Dic 2018] Disponible en: https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:20015779
6. Pérez G, Azcona M. Los efectos del mercurio en la salud. Rev Esp Méd Quir [Internet] 2012 [citado 06 Dic 2018];17(3):199-205. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/473/47324564010.pdf>.
7. Bouroncle A, Echegaray M, Chang Say J. Contaminación Mercurial en la fauna Marina, Organización Panamericana de la Salud 1973. [Internet]. [citado 06 Dic 2018] Disponible en:

<http://iris.paho.org/xmlui/bitstream/handle/123456789/10834/v74n4p290.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

8. Ramírez, A. Intoxicación ocupacional por mercurio. *An. Fac. med. Rev. Cielo*, [Internet] 2008 [citado 10 Dic 2018];69(1):46-51. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/afm/v69n1/a10v69n1.pdf>
9. De la Rubia J. Determinación de arsénico en líquidos concentrados de hemodiálisis por espectrofotometría de absorción atómica. [Internet] [Tesis de grado doctor]. Universidad Complutense Madrid.2001.
10. Chávez M, Miglio M. Remoción de arsénico por oxidación solar en aguas para consumo humano. *Rev. Soc. Quím. Perú* [Internet] 2011 [citado 20 Dic 2018];77(4):307-314. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v77n4/a08v77n4.pdf>
11. Resumen de salud pública. Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU., Servicio de Salud Pública. Mercurio y arsénico. División de Toxicología y Medicina Ambiental. 2007.[en línea]. [Fecha de acceso 6 de diciembre de 2018] Disponible en: https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs2.pdf
12. NORMA Oficial SANIPES, Control de residuos tóxicos en carne, grasa, hígado y riñón. 1994.[en línea]. [Fecha de acceso 6 de diciembre de 2018] Disponible en:http://www.sanipes.gob.pe/procedimientos/13_ManualIndicador esocriteriosdeseguridadalimantaria-rev02-2010.compressed.pdf
13. Afán K, Flores V. "Determinación por absorción atómica de plomo y arsénico en agua potable de viviendas del distrito Hualgayoc, Cajamarca–octubre 2017. [Tesis de grado]. Lima: Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad Norbert Wiener; 2018
14. Skoog D, Holler J, Nieman T. Principios de análisis Instrumental. Editorial concepción fernandez. [Internet] quinta edición Universidad complutense de Madrid España 2000 [citado 13 Dic 2018]. Disponible en:

<https://es.scribd.com/doc/63892151/Principios-de-Analisis-Instrumental-Skoog-Holler-Nieman-5ta-Edicion>

- 15.** Londoño L, Londoño P, Muñoz F. Los riesgos de los metales pesados en humanos y animal. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* [Internet] 2016 [citado 20 Dic 2018];14(2):145-153. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v14n2/v14n2a17.pdf>
- 16.** Corrales M. Acumulación de metales pesados en bivalvos y sus efectos tóxicos en la salud humana: Perspectivas para el estudio en Costa Rica. [Internet] 2015 [citado 20 Dic 2018];15(25):171-181. Disponible en: [file:///C:/Users/USER-SPNP187/Downloads/Dialnet-AcumulacionDeMetalesPesadosEnBivalvosYSusEfectosTo-5821476%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/USER-SPNP187/Downloads/Dialnet-AcumulacionDeMetalesPesadosEnBivalvosYSusEfectosTo-5821476%20(1).pdf)
- 17.** Prowe F, Kirf M., Zauke P. Metales pesados en crustáceos de la planicie ibérica de aguas profundas In: *Scientia Marina*, [Internet] 2015 [citado 28 Dic 2017];70(2):271-279. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/240828161_Metales_pesados_en_crustaceos_de_las_planicies_de_las_profundidades_del_mar_iberico
- 18.** María C, Débora H. Determinación de la concentración de arsénico y mercurio por espectrofotometría de absorción atómica en peces procedentes del mar de Huacho y Chorrillos [tesis de grado]. Facultad de Ciencias farmacéuticas Químicas Carrera Profesional de Farmacia y Bioquímica. Universidad Nacional Inca Garcilaso de la Vega Lima-Perú. 2018.
- 19.** Medina M, Robles P, Mendoza M, Torres C. Ingesta de arsénico: el impacto en la alimentación y la salud humana *RevPeruMedExp Salud Publica*. [Internet] 2018 [citado 06 Dic 2018];35(1):93-102. Disponible en: <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.351.3604>
- 20.** Bertolotti F, Noe N. Concentración de plomo, mercurio, cadmio, en músculos de peces y muestras de agua procedentes del Rio Santa, Áncash – Perú 2018.

Salud tecnol. [Internet] 2018 [citado 06 Dic 2018];1(1):35-41. Disponible en:
<https://es.scribd.com/document/395089047/3376-9129-1-PB>

- 21.** Vilcapaza M, Nelson E. Acumulación de mercurio en pejerrey (*basilichthys bonareinses*) en hábitat norte del lago Titicaca. [Tesis de Maestría] Universidad Nacional de Ingeniería Lima. 2011
- 22.** Espinoza D, Falero S. Niveles de mercurio, cadmio, plomo, y arsénico en peces del Rio Tumbes y riesgos para salud humana por su consumo. Rev. del Instituto de Investigación (RIIGEO), FIGMMG-UNMSM [Internet] 2015 [citado 06 Dic 2018];18(36):35-41. Disponible en:
<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/12016/10738>
- 23.** Espectroscopia de emisión y absorción atómica. [Internet] [citado 08 Dic 2018];7(7):7.1-7.7. disponible en:
<https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/8252/4/T7Abasorc.pdf>
- 24.** Rubio C, Gutiérrez, A; Lozano, G; Hardisson, A. et al. El mercurio y arsénico como contaminante alimentario. Rev. Toxicol España 2004. [Internet] 2004 [citado 10 Dic 2018];21(1):72-80. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/pdf/919/91921303.pdf>
- 25.** Besada, V; González J. Schultze F. (2006). Concentraciones de mercurio, cadmio, plomo, arsénico, cobre y zinc en Atún Blanco, Rabil y Patudo procedentes del Océano Atlántico. Ciencias Marinas [Internet] 2006 [citado 15 Dic 2018];32(2B):439-445. Disponible en:
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4789455>
- 26.** Manual indicadores o criterios de seguridad alimentaria e higiene para alimentos y piensos de origen pesquero y acuícola. Servicio Nacional de Sanidad Pesquera Perú. 2010. (SANIPES).
- 27.** Espectroscopia atómica-El Principio analítico- Merck Millipore.

- 28.**Manual de Indicadores o Criterios de Seguridad Alimentaria e Higiene para Alimentos y Piensos de Origen Pesquero y Acuícola. Dirección (e) del Servicio Nacional de Sanidad Pesquera. SGC-MAI/ SANIPES.
- 29.**Espectroscopia de emisión y absorción atómica. [en línea]. México; 2008. [Fecha de acceso 22 de junio de 2018]. URL. Disponible en: <http://www.quiminet.com/articulos/la-espectrometria-de-absorcion-atmica31648.htm>.

ANEXOS

Anexo A: Matriz de consistencia

VARIABLE	DEFINICIÓN	INDICADOR	CATEGORIZACIÓN	ESCALA
VARIABLE INDEPENDIENTE Pejerrey (<i>Odontesthes regia</i>) comercializados en el terminal pesquero de Ancón durante el periodo setiembre – octubre del 2017.	Indicador biológico Pejerrey (<i>Odontesthes regia</i>) comercializados en el terminal pesquero de Ancón durante el periodo setiembre – octubre del 2017.	Producto nutritivo con características particulares.	consumo humano, alimento.	Razón
VARIABLE DEPENDIENTE Concentraciones de mercurio y arsénico.	Indicador biológico de exposición a mercurio y arsénico en productos naturales.	Análisis por: Espectrofotometría absorción atómica- horno de grafito Mercurio y Arsénico.	Niveles máximos permisibles por SANIPES. Mercurio: 0,5 mg./kg Arsénico: 4,0 mg./kg	Razón

Anexo B: Operacionalización de Variables

VARIABLES	INDICADORES
Concentración de mercurio	✓ Concentración máximo límite máximo permisible (SANIPES) = 0,5 mg/kg
Concentración de arsénico	✓ Concentración máxima límite máximo permisible (SANIPES) = 4,0 mg/kg

Anexo C: Imagen de los Tesistas se procede a seleccionar el pejerrey de 10 puestos del muelle de Ancón



Anexo D: se realizó la compra de pejerrey en Ancón



Anexo E: se realizó la compra de pejerrey en Ancón se llevó al laboratorio de la universidad previo pesado



Anexo F: en el laboratorio revisando los pesos del pejerrey

