



**FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE FARMACIA Y  
BIOQUÍMICA**

**“DETERMINACIÓN DE CADMIO, MERCURIO Y PLOMO EN  
LANGOSTINOS (*Litopenaeus vannamei*) PROCEDENTES DEL  
TERMINAL PESQUERO DE VILLA MARÍA DEL TRIUNFO DE LIMA  
Y DE VENTANILLA EN EL CALLAO DURANTE EL PERIODO  
MARZO-ABRIL 2016”**

Tesis para optar el Título Profesional  
de Químico Farmacéutico

**Presentado por:**

**Br. Inga Reyes Marilyn Janeth**

**Br. Miraya Suarez Mariluz**

**Asesor:**

QF. Tox. Jesús Víctor Lizano Gutiérrez

**LIMA-PERÚ**

**2017**



## **DEDICATORIA**

Agradecemos a Dios, creador de mi camino, quien es mi fortaleza ante los avatares de la vida, al creador de mis padres y toda mi familia que amo.

MARILUZ

A mis padres por ser el motor de mi existencia, pues son la motivación de ser mejor persona.

MARILUZ Y MARILYN

Para mi hijo quien, es el regalo más hermoso que Dios me ha dado, siempre estaré ahí para ti mi precioso, para apoyarte en todo.

MARILYN

## **AGRADECIMIENTO**

Un agradecimiento y un reconocimiento especial a nuestro asesor Q.F. Toxicólogo Jesús Víctor Lizano Gutiérrez por su invaluable e incondicional orientación, enseñanza y apoyo durante el desarrollo de este trabajo.

**ASESOR DE TESIS**

**Q.F. Toxicólogo Jesús Víctor Lizano Gutiérrez.**

**JURADO:**

Mg. Carlos Casas, Norma Angélica.

Mg. Carlos Cano Pérez.

Mg. Rodríguez Lichtenheld José Edwin.

# INDICE

Pág.

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE	
ÍNDICE DE CUADROS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
RESUMEN	
ABSTRACTS	
<b>I. INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
<b>II. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA.....</b>	<b>2</b>
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
1.2 OBJETIVOS .....	3
1.2.1 Objetivos Generales .....	3
1.2.2 Objetivos Específicos .....	3
1.3 HIPÓTESIS .....	4
1.3.1 Hipótesis General .....	4
1.3.2 Hipótesis Específicas.....	5
1.4 VARIABLES.....	5
1.4.1 Variable Independiente.....	5
1.4.2 Variables Dependiente .....	6
<b>III. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>7</b>
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
2.2 BASE TEÓRICA .....	9
2.2.1Langostinos .....	9

	Pág.
2.2.2 Taxonomía.....	10
2.2.3 Propiedades generales de los metales pesados tóxicos .....	12
2.2.3.1 Cadmio .....	14
2.2.3.2 Mercurio.....	18
2.2.3.3 Plomo .....	23
<b>IV. PARTE EXPERIMENTAL.....</b>	<b>28</b>
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	28
3.2 POBLACION Y MUESTRA DE ESTUDIO.....	28
3.2.1 Población.....	28
3.2.2 Muestra .....	29
3.3 REACTIVOS, MATERIALES, INSTRUMENTOS Y EQUIPO .....	29
3.3.1 Reactivos.....	29
3.3.2 Materiales.....	30
3.3.3 Instrumentos y Equipos .....	30
3.4 TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS RECOLECCIÓN DE DATOS .	31
3.4.1 Técnica Operatoria .....	31
3.4.1.1 Espectroscopia de Absorción Atómica .....	31
3.4.1.2 Espectrometría de Absorción atómica asociado a un Horno de Grafito .....	32
3.4.1.3 Espectrometría de Absorción atómica Generador de Hidruros.....	33
3.4.2 Procedimiento de Recolección de Datos.....	34
3.4.2.1 Preparación de la muestra .....	34
3.4.2.2 Digestión asistida por Microondas .....	35



	Pág.
3.4.2.3 Determinación de cadmio, mercurio y plomo .....	35
3.5 MÉTODO.....	36
<b>V.RESULTADOS .....</b>	<b>44</b>
<b>VI. DISCUSIONES.....</b>	<b>74</b>
<b>VII. CONCLUSIONES.....</b>	<b>76</b>
<b>VIII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>78</b>
<b>IX. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>79</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>83</b>

## INDICE DE CUADROS

<b>CUADRO 1:</b>	Concentración de cadmio en langostinos ( <i>Litopenaeus vannamei</i> ) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao.	pág. 44
<b>CUADRO 2:</b>	Datos estadísticos de la concentración de cadmio en Langostinos ( <i>Litopenaeus vannamei</i> ) procedentes del Terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao durante periodo Marzo-Abril 2016.	46
<b>CUADRO 3:</b>	Concentración de cadmio en Langostinos ( <i>Litopenaeus vannamei</i> ) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao versus el Servicio Nacional Pesquera (SANIPES).	50
<b>CUADRO 4:</b>	Concentración de mercurio en Langostinos ( <i>Litopenaeus vannamei</i> ) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao durante el periodo Marzo-Abril 2016.	53

<b>CUADRO 5:</b>	Datos estadísticos de la concentración de mercurio en Langostinos ( <i>Litopenaeus vannamei</i> ) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao durante el periodo Marzo-Abril 2016.	55
<b>CUADRO 6:</b>	Concentración de mercurio en Langostino ( <i>Litopenaeus vannamei</i> ) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao versus el Servicio Nacional Pesquera (SANIPES).	59
<b>CUADRO 7:</b>	Concentración de plomo en Langostinos ( <i>Litopenaeus vannamei</i> ) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao durante el periodo Marzo-Abril 2016.	62
<b>CUADRO 8:</b>	Datos estadísticos de la concentración de plomo en langostinos ( <i>Litopenaeus vannamei</i> ) procedentes del terminal de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao durante el periodo Marzo-Abril 2016.	64
<b>CUADRO 9:</b>	Concentración de plomo en Langostinos ( <i>Litopenaeus vannamei</i> ) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao versus el Servicio Nacional Pesquera (SANIPES).	68

## INDICE DE FIGURA

	Pág.
<b>FIGURA 1:</b> Curva de calibración: relación de la absorbancia y concentración de cadmio.	38
<b>FIGURA 2:</b> Curva de calibración: relación de la absorbancia y concentración de mercurio.	40
<b>FIGURA 3:</b> Curva de calibración: relación de la absorbancia y concentración de plomo.	42
<b>FIGURA 4:</b> “Concentración de cadmio en langostinos ( <i>Litopenaeus vannamei</i> ) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao durante el periodo Marzo-Abril 2016”.	45
<b>FIGURA 5:</b> Concentración mínima, máxima y promedio de cadmio en langostinos ( <i>Litopenaeus vannamei</i> ) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao.	47
<b>FIGURA 6:</b> Concentración de cadmio en langostinos ( <i>Litopenaeus vannamei</i> ) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao versus concentración promedio de cadmio.	48

<b>FIGURA 7:</b>	Resultado porcentual en langostinos ( <i>Litopenaeus vannamei</i> ) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao que superan la concentración promedio de cadmio.	pág. 49
<b>FIGURA 8:</b>	Concentración de cadmio en langostinos ( <i>Litopenaeus vannamei</i> ) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao versus el Servicio Nacional Pesquera (SANIPES)”. 51	51
<b>FIGURA 9:</b>	Resultado porcentual en langostinos ( <i>Litopenaeus vannamei</i> ) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao que superan el Servicio Nacional Pesquera (SANIPES) para cadmio. 52	52
<b>FIGURA 10:</b>	Concentración de mercurio en langostinos ( <i>Litopenaeus vannamei</i> ) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao durante el periodo Marzo – Abril 2016. 54	54
<b>FIGURA 11:</b>	Concentración mínima, máxima y promedio de mercurio en langostinos ( <i>Litopenaeus vannamei</i> ) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao. 56	56

<b>FIGURA 12:</b>	Concentración de mercurio en langostinos ( <i>Litopenaeus vannamei</i> ) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao versus concentración promedio de mercurio.	pág. 57
<b>FIGURA 13:</b>	Resultado porcentual en langostinos ( <i>Litopenaeus vannamei</i> ) procedentes del terminal de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el que superan la concentración promedio de mercurio.	58
<b>FIGURA 14:</b>	Concentración de mercurio en langostinos ( <i>Litopenaeus vannamei</i> ) procedentes del terminal pesquero Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao versus Servicio Nacional de Sanidad Pesquera (SANIPES).	60
<b>FIGURA 15:</b>	Resultado porcentual en langostinos ( <i>Litopenaeus vannamei</i> ) procedentes del terminal Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao que superan Servicio Nacional de Sanidad Pesquera (SANIPES) para mercurio.	61
<b>FIGURA 16:</b>	Concentración de plomo en langostinos ( <i>Litopenaeus vannamei</i> ) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao durante el periodo Marzo-Abril 2016.	63

- FIGURA 17:** Concentración mínima, máxima y promedio de plomo en langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo en Lima y de Ventanilla en el Callao. 65 pág.
- FIGURA 18:** Concentración de plomo en langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao versus concentración promedio de plomo. 66
- FIGURA 19:** Resultado porcentual en langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao que superan la concentración promedio de plomo. 67
- FIGURA 20:** Concentración de plomo en langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao Versus el Servicio Nacional Pesquera (SANIPES). 69
- FIGURA 21:** Resultado porcentual en langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao que superan el Servicio Nacional Pesquera (SANIPES) para plomo. 70

<b>FIGURA 22:</b>	Relación entre la concentración de mercurio y cadmio en langostinos ( <i>Litopenaeus vannamei</i> ) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao".	pág. 71
<b>FIGURA 23:</b>	Relación entre la concentración de plomo y mercurio en langostinos ( <i>Litopenaeus vannamei</i> ) procedentes del terminal pesquero Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao.	72
<b>FIGURA 24:</b>	Relación entre la concentración de plomo y cadmio en langostinos ( <i>Litopenaeus vannamei</i> ) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao.	73



## RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se determinó las concentraciones de cadmio, plomo y mercurio en langostinos (*Litopenaeus vannamei*), expendidos en el terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao en los meses de Marzo-Abril 2016. La técnica usada para la determinación de plomo y cadmio fue espectrofotometría de absorción atómica por horno de grafito y con generador de hidruros para el mercurio; para este trabajo se recolectó 20 unidades de langostinos, hallándose para el plomo un valor promedio de 0,50mg/kg con cifras extremas de 0,28 mg/kg y 0,79 mg/kg. El 50% superan los límites permisibles (LMP) según el Servicio Nacional de Sanidad Pesquera (SANIPES). Para el cadmio el valor promedio fue de 0,42 mg/kg con cifras extremas de 0,24 mg/kg y 0,65 mg/kg. El 35% superan los límites permisibles (LMP) según el Servicio Nacional de Sanidad Pesquera (SANIPES). Para el mercurio el valor promedio fue de 0,19mg/kg con cifras extremas de 0,07 mg/kg y 0,34 mg/kg. Este último no sobrepasa los límites máximos permisibles (LMP) establecidos por el Servicio Nacional de Sanidad Pesquera (SANIPES). La mayor concentración de metal hallado en langostinos (*Litopenaeus vannamei*) corresponde al plomo. Se recomienda más interés en el control sanitario de langostinos por los entes responsables.

**Palabras claves:** langostinos, cadmio, mercurio, plomo, SANIPES.

## ABSTRACTS

In the present research work, the concentrations of cadmium, lead and mercury in shrimp (*Litopenaeus vannamei*) were determined in the fishing terminal of Villa María del Triunfo de Lima and Ventanilla in Callao in the months of March-April 2016. The Technique used for the determination of lead and cadmium was atomic absorption spectrophotometry by graphite furnace; And with generation of hydrides for Mercury; For this work, 20 units of shrimp were harvested, with an average value of 0,50mg/kg for lead having extreme values of 0,28 mg/kg and 0,79 mg/kg. 50% exceed the permissible limits (LMP) according to the National Fisheries Health Service (SANIPES). For cadmium the average value was 0,42 mg/kg with extreme figures of 0,24mg/kg and 0,65mg/kg. 35% exceed the permissible limits (LMP) according to the National Fisheries Health Service (SANIPES). For mercury the average value was 0,19mg/kg with extreme values of 0,07mg/kg and 0,34mg/kg. The latter does not exceed the maximum permissible limits (LMP) established by the Service National de Sanded Esquire (SANIPES). The highest concentration of metal found in shrimp (*Litopenaeus vannamei*) is lead. More interest is recommended in sanitary control of shrimp by responsible bodies.

Key words: shrimp, cadmium, mercury, lead, SANIPES, Servicio Nacional de Sanidad Pesquera (SANIPES).

## I. INTRODUCCION

La importancia del estudio de la contaminación por metales pesados en ambientes acuáticos es uno de los principales problemas en la actualidad.

Los metales pesados han sido identificados como los contaminantes más peligrosos en los ecosistemas acuáticos debido a su persistencia y alta toxicidad, entre algunos de ellos tenemos al: mercurio, arsénico, níquel, plomo y cadmio; ya que para la mayoría de los organismos marinos, la exposición por encima de una concentración umbral, puede ser extremadamente toxica.<sup>(1)</sup> Estudios realizados con cadmio y plomo señalan que estos son caracterizados por ocasionar efectos tóxicos sobre el sistema gastrointestinal, sistema renal y sobre el SNC. La ingesta de metilmercurio en alimentos marinos podría causar problemas en el desarrollo neurológico en fetos y niños.<sup>(2,3)</sup>

En una investigación en México se empleó el langostino (*Macrobrachium rosenbergii*) por ser una especie sensible a contaminantes orgánicos e inorgánicos. Este estudio se realizó para usar al langostino como un bioindicador de contaminación.<sup>(4)</sup>

Por lo tanto, este trabajo tiene como finalidad dar a conocer las concentraciones de cadmio, mercurio y plomo en langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao y compararlos con los parámetros establecidos por el organismo nacional de sanidad pesquera (Sanipes), para que las instancias pertinentes realicen los controles debidos en beneficio de los consumidores.<sup>(5)</sup>

## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad la contaminación de aguas naturales por metales pesados llega a ser inevitable debido a la industrialización y urbanización. Los metales pesados se encuentran entre los contaminantes más tóxicos en estos últimos tiempos, debido a su permanencia y tendencia a acumularse en el organismo acuático. Así mismo pone en riesgo la salud de los consumidores.

Los metales como el mercurio, cadmio y plomo entre otros tienen una relativa alta densidad, que para la mayoría de los organismos la exposición por encima de una concentración umbral puede ser extremadamente tóxica. <sup>(1)</sup>

El Perú es un país minero, y la minería en la costa se hace evidente a través de sus efluentes, que son vertidos a los ríos sin un tratamiento previo y que contaminan tanto el recurso continental como el marino.

Los pescados y mariscos llegan de toda la costa, desde Tumbes hasta Tacna; a los centros pesqueros de Villa María del Triunfo de Lima y Ventanilla en el Callao.

Por otro lado, los langostinos son crustáceos sensibles a contaminantes orgánicos e inorgánicos. <sup>(4)</sup>

Debido a lo mencionado realizamos la siguiente interrogante:

¿Cuál es la concentración de cadmio, mercurio y plomo en los langostinos (*Litopenaeus vannamei*) que se expenden en el terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao durante el periodo Marzo-Abril 2016?

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo General.

- ✓ Determinar la concentración de cadmio, mercurio y plomo en langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao durante el periodo Marzo-Abril 2016.

### 1.2.2 Objetivos específicos.

- ✓ Determinar la concentración de cadmio en langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao durante el periodo Marzo-Abril 2016.
- ✓ Determinar la concentración de mercurio en Langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao durante el periodo Marzo-Abril 2016.
- ✓ Determinar la concentración de plomo en Langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao durante el periodo Marzo-Abril 2016.
- ✓ Comparar la concentración de cadmio en Langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao con los indicadores establecidos por el Servicio Nacional de Sanidad Pesquera.

- ✓ Comparar la concentración de plomo en Langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao con los indicadores establecidos por el Servicio Nacional de Sanidad Pesquera.
- ✓ Comparar la concentración de mercurio en Langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao con los indicadores establecidos por el Servicio Nacional de Sanidad Pesquera.
- ✓ Establecer la correlación en cuanto a la presencia y contenido de cadmio, mercurio y plomo en Langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao.

### **1.3 HIPÓTESIS.**

#### **1.3.1 Hipótesis General**

- ✓ Los Langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao durante el periodo Marzo-Abril 2016 presentan altas concentraciones de cadmio, mercurio y plomo.

### **1.3.2 Hipótesis Específicas**

- ✓ Los langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao presentan niveles de cadmio superior a lo establecido por el Servicio Nacional de Sanidad Pesquera.
- ✓ Los langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao presentan niveles de mercurio superior a lo establecido por el Servicio Nacional de Sanidad Pesquera.
- ✓ Los langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao presentan niveles de plomo superior a lo establecido por el Servicio Nacional de Sanidad Pesquera.
- ✓ Existe correlación en cuanto a la presencia de cadmio, mercurio y plomo en langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo en Lima y de Ventanilla en el Callao.

## **1.4 VARIABLES.**

### **1.4.1 Variable Independiente.**

Langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao.

#### 1.4.2 Variables Dependiente.

VARIABLES	INDICADORES
<b>Concentración de Cadmio.</b>	Concentración máxima según el Servicio Nacional de Sanidad pesquera (SANIPES) = 0,5mg/kg.
<b>Concentración de Plomo.</b>	Concentración máxima según el Servicio Nacional de Sanidad pesquera (SANIPES)= 0,5mg/kg.
<b>Concentración de Mercurio.</b>	Concentración máxima según el Servicio Nacional de Sanidad pesquera (SANIPES) = 0,5mg/kg.



### III. MARCO TEÓRICO.

#### 2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

En el año 2005 un estudio en Oaxaca – México buscaba encontrar los principales tóxicos en los ecosistemas como el plomo, níquel y cadmio, los cuales afectan la actividad de la acetilcolinesterasa en organismos ya que interfieren con grupos tiólicos, carboxilos y fosfatos. El *Macrobrachium rosenbergii* es un crustáceo que se empleó para realizar algunos estudios por su importancia económica y por ser una especie sensible a contaminantes orgánicos e inorgánicos. El trabajo se realizó para explorar la posibilidad de emplear al langostino como bioindicador de contaminación a través de los efectos ocasionados sobre la actividad de acetilcolinesterasa, síntesis de proteínas y la bioconcentración.

Se emplearon postlarvas del estadio 15 (PL15) del langostino y se expusieron durante 48 horas a 0,16; 24,20 y 0,008 mg/L de plomo, níquel y cadmio respectivamente. Los resultados encontrados muestran cierta sensibilidad de los parámetros bioquímicos valorados y alta capacidad bioconcentradora de la especie empleada con lo que se concluyó que puede ser empleado como indicador de contaminación.<sup>(4)</sup>

Se analizaron trazas de metales (Cd, Cu, Pb y Zn) en diferentes muestras de mezclas bien definidas en *Copepoda* y *Euphausiacea* así como en *Decápoda*, recolectadas en una campaña del crucero “RV WaltherHerwig III” en la Llanura Abisal Ibérica durante los meses de Marzo y Abril del 2002. Se encontró una considerable heterogeneidad interespecífica con algunos niveles promedios altos de Cd en los decápodos: 1,9 mg/kg de peso seco en muestras del género *Sergia*; 6,1 mg/kg en *Acanthephyra pelágica* (Risso, 1816) y en *Acanthephyra*

*acanthithelsonis* (Bate, 1888); 10,7 mg/kg en *Bentheogennema intermedia* (Bate, 1888); 14,9 mg/kg en *Benthesicy musiridescens* (Bate, 1881) y 16,3 mg/kg en *Systellas pisdebilis* (A. Milne Edwards, 1881). La concordancia de estas altas concentraciones de Cd, con las que se registró en langostinos (*Litopenaeus vannamei*) polares, y las concentraciones de Cu (17-56 mg/kg) indicó que probablemente no se habría cumplido todas las necesidades metabólicas. Se sustentó la hipótesis que las anomalías de Cd, frecuentemente descritas en langostinos (*Litopenaeus vannamei*) polares, se pudieron extender a otras aguas oceánicas relativamente profundas como la Llanura Abisal Ibérica y que pudieron estar relacionadas con la correspondiente deficiencia de Cu. En ese estudio, las concentraciones de Zn en decápodos (52-80 mg/kg) están dentro del rango mundial lo que indicó que los decápodos son capaces de regular su concentración de Zn corporal. Sus datos preliminares obtenidos en las muestras de mezclas de zooplancton sugirieron que las concentraciones de Pb, muy por debajo de 1 Pb mg/kg, podrían servir como valores guía regionales para establecer comparaciones en estudios de biomonitoreo.

Los resultados para Cd, Cu y Zn están dentro de los rangos publicados, especialmente para las regiones Central y Sur del Mar del Norte.<sup>(6)</sup>

Los metales pesados son tipos de contaminantes que crean demasiados problemas en los ecosistemas acuáticos y en los humanos. El estudio se llevó a cabo para investigar la acumulación de metales pesados como Hg, Cd, Pb, Cu, Fe, Mn y Zn en el músculo del crustáceo *Fenneropenaeus merguensis* del Golfo Pérsico, Irán, en 2011. Los resultados mostraron que las medias concentraciones de Hg, As, Cd, Pb, Cu, Zn, Mn, Fe, Mg, P, K, Na y Ca en el músculo fueron  $0,032 \pm 0,002$ ,  $0,117 \pm 0,07$ ,  $0,175 \pm 0,006$ ,  $0,414 \pm 0,012$ , 1,26

$\pm 0,2$ ,  $13,8 \pm 0,7$ ,  $0,1 \pm 0,0$ ,  $15,13 \pm 0,65$ ,  $321,33 \pm 11,23$ ,  $1.600 \pm 65,57$ ,  $3180 \pm 60,82$ ,  $1826,6 \pm 47,25$  y  $750,33 \pm 18,5$  mg/kg de peso seco. El orden de los elementos traza encontrados en el tejido muscular de *Fenneropenaeus merguensis* fue: K>Na> P> Ca> Mg> Fe> Zn> Cu> Mn. También la concentración de metales tóxicos en *Fenneropenaeus merguensis* fue: Pb> Cd> Como> Hg. El contenido de potasio en el músculo de camarones banano fue más alto que los otros elementos, también en este estudio la concentración más baja fue de mercurio. En este estudio la concentración de Hg, Cd, Pb, Zn y Cu fueron menores que lo indicado en las normas de la OMS y FDA. <sup>(7)</sup>

## 2.2 BASE TEÓRICA

### 2.2.1 Langostinos (*Litopenaeus vannamei*)

La súper-familia Penaeoidea, con cuatro familias (*Aristeidae*, *Sicyonidae*, *Penaeidae* y *Solenoceridae*), incluye los langostinos de mayor importancia comercial en el mundo (*Litopenaeus* y *Farfantepenaeus*). En el Perú, se registran las cuatro familias, con 10 géneros y 22 especies.

Los langostinos de la familia Penaeidae son bentónicos y pasan su vida adulta en el mar, las hembras migran y desovan en determinadas áreas en el mar, los estadios larvales, planctónicos, son arrastrados por las corrientes y las post-larvas migran hacia aguas interiores como zonas estuarinas y canales de marea (esteros), en donde viven hasta los últimos estadios juveniles en que regresan a aguas oceánicas. <sup>(8)</sup> Presentan dimorfismo sexual, en los ejemplares machos se aprecia una estructura denominada petasma ubicada en el primer par de

pleópodos que le sirven para transferir los espermátóforos al receptáculo seminal de la hembra o télico, estas estructuras tienen carácter taxonómico pues sirven para la identificación de las especies. Son de hábitos detritívoros. Los langostinos de la familia *Penaeidae* se distribuyen desde el Golfo de California hasta Paita e inclusive al Callao (en el caso de *Fenneropenaeus californiensis*). La familia Sicyoniidae se distribuye desde México hasta San Lorenzo (Callao).<sup>(9)</sup> En el norte del Perú, los langostinos blanco y azul son capturados generalmente en aguas someras de 1 a 30 M. De profundidad; los langostinos café y rojo se presentan en mayor abundancia en aguas más profundas, de 30 a 50M.

Mediante la R. M. N° 305-2004-PRODUCE se decretó la veda reproductiva del recurso langostino, que abarca a partir del 15 de Diciembre al 15 de Febrero de cada año, normativa sustentada por el informe técnico de IMARPE “Situación del recurso langostino en la Región Tumbes”.<sup>(10)</sup>

## 2.2.2 TAXONOMIA

Clasificación Taxonómica de Langostinos <sup>(11)</sup>

Nombres científicos: *Penaeus vannamei*

Nombres comunes: Camarón blanco, langostino blanco

Reino: Animalia  
Filo: Arthropoda  
Subfilo: Crustacea  
Clase: Malacostraca  
Subclase: Eumalacostraca

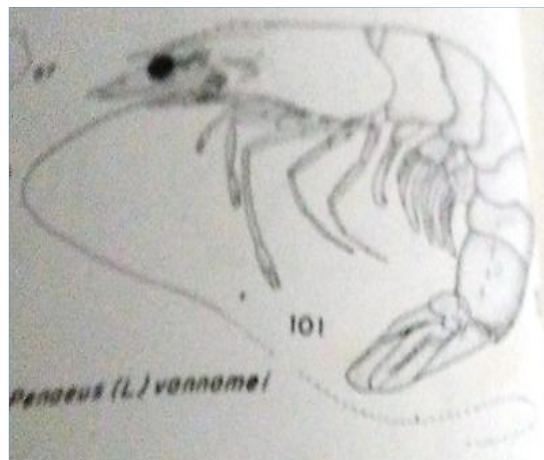
Superorden: Eucarida  
Orden: Decapoda  
Suborden: Dendrobranchiata  
Super familia: Penaeoidea  
Familia: Penaeidae  
Género: Penaeus  
Especie: vannamei



*(Litopenaeus vannamei)*

Fuente: Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos 15 de marzo de 2017. Para identificación de especie del género.

Langostinos del género *Penaeus* (*Litopenaeus vannamei*)



### 2.2.3 Propiedades generales de los metales pesados tóxicos.

Se define la contaminación como todo efecto perjudicial producido por causas naturales (según el Diccionario de la Real Academia de la Lengua es “alteración de la pureza de las cosas”) y a la polución como un efecto parecido o similar al anterior pero en esta caso debido a causas antrópicas (ídem “contaminación intensa y dañina del agua y del aire producida por los residuos de los procesos industriales o biológicos”). De igual forma, tóxico (del griego toxon = punta de flecha y, por extensión, veneno que se le aplica) es toda sustancia química que administrada a un organismo vivo tiene efectos perjudiciales o nocivos, siendo la toxicidad resultante de la interacción entre dicho tóxico y el organismo, variando su grado en función de las especie, sexo, edad, tamaño, vía de adquisición o de administración y concentración, siendo un veneno aquel tóxico usado con fines dolosos, es decir, antrópicamente con fines lesivos premeditados. <sup>(12)</sup>

El concepto de metal pesado puede tener diferentes acepciones:

- ✚ Todo metal que tenga densidad superior a 5 g/cm<sup>3</sup>.
- ✚ Todo metal con número atómico superior al del Na (Z = 11).
- ✚ Todo metal con peso atómico comprendido entre 63,546 y 200,590.
- ✚ Todo metal que sea potencialmente tóxico para los sistemas biológicos.

Phipps (1976) define como metal tóxico aquél que pertenece a un grupo de elementos que no tiene un efecto esencial ni es beneficioso, pero que tiene efectos nocivos en las funciones metabólicas normales, incluso estando presente en cantidades muy pequeñas. En sus aspectos generales, la incorporación de metales pesados en los organismos se puede producir por absorción respiratoria (compuestos metálicos volátiles o compuestos

metálicos sólidos muy particulados) o por vía oral, siendo en este caso muy importante el proceso de bioacumulación o amplificación biológica, que consta de tres fases:

- a) Asimilación: externa por adsorción e interna por absorción.
- b) Bioacumulación individual o bioconcentración. Se expresa por medio del Factor de Bioconcentración (BCF), que relaciona la concentración del metal en el ambiente y en el organismo de referencia. Cuanto mayor sea el BCF menor será el contenido metálico del organismo.
- c) Bioacumulación interindividual o bioamplificación (transferencia trófica). Sus casos más notorios son los de Hg y Pb. <sup>(12)</sup>

En términos muy generales, los metales pesados tóxicos presentes en la biota marina tienen diferentes procedencias, siendo el aporte por drenaje de las zonas emergidas continentales e insulares, los vertidos directos al mar de residuos urbanos e industriales, el aporte desde la atmósfera y la propia huella geológica submarina las principales referencias a tener en cuenta. La asimilabilidad y amplificación biológica a través de las redes tróficas marinas está regulada por multitud de factores abióticos y bióticos, como pH, salinidad, temperatura, dinámica marina, transporte biológico vertical, presencia de materia orgánica en suspensión, presencia de microorganismos, textura de los sedimentos, condiciones redox e interacciones con nutrientes, entre otros.

Dentro de estas propiedades, son de destacar las interferencias y sinergias existentes entre diversos metales, como pueden ser la reducción de la toxicidad de Hg en los peces en presencia de Selenio, el incremento tóxico del binomio Cu – Zn en peces, la reducción del efecto de Zn en algas en

presencia de Mn o la potenciación de la toxicidad mercurial y cúprica en langostinos (*Litopenaeus vannamei*) en presencia de otros metales. <sup>(13)</sup>

### 2.2.3.1 Cadmio

El cadmio (Cd, número atómico 48, masa atómica 111,40) es un elemento que se encuentra en la naturaleza asociado a muchos minerales. Este elemento pertenece al grupo II B de la tabla periódica y se encuentra en el subgrupo que incluye también al zinc y al mercurio. Se obtiene como subproducto del tratamiento metalúrgico del zinc y del plomo, a partir de sulfuro de cadmio; en el proceso hay formación de óxido de cadmio, compuesto muy tóxico. Su número de valencia es +2.<sup>(14)</sup> La solubilidad de las sales de cadmio en agua es muy variable, ya que los halogenuros, el sulfato y el nitrato son relativamente solubles mientras que el óxido, el hidróxido y el carbonato son prácticamente insolubles en agua.<sup>(15)</sup>

El cadmio tienen una presión de vapor elevada por lo que durante su refinación y fundición, se libera óxido de cadmio, que constituye en un elevado peligro potencial para la salud. Es uno de los mayores agentes tóxicos asociado a contaminación ambiental e industrial, pues reúne cuatro de las características más temidas de un tóxico: <sup>(16)</sup>

- ✚ Efectos adversos para el hombre y el medio ambiente.
- ✚ Bioacumulación.
- ✚ Persistencia en el medio ambiente.
- ✚ “Viaja” grandes distancias con el viento y en los cursos de agua.

El cadmio es un elemento relativamente raro que algunas actividades humanas liberan en la atmósfera, la tierra y el agua. En general, las dos



fuentes principales de contaminación son la producción y utilización de cadmio y la eliminación de desechos que contienen cadmio. El aumento del contenido de cadmio en los suelos incrementa la absorción de cadmio en las plantas; de esta manera, la exposición humana a través de cultivos agrícolas es susceptible al incremento del cadmio presente en el suelo. Las plantas absorben una mayor cantidad de cadmio del suelo cuando el pH del suelo es bajo. Los organismos alimentarios comestibles que viven en libertad, como los langostinos (*Litopenaeus vannamei*) y los hongos, acumulan cadmio naturalmente. Como en los seres humanos, en los caballos y en algunos animales terrestres salvajes aumenta la concentración de cadmio en el hígado y los riñones. El consumo regular de estos productos puede incrementar la exposición. <sup>(17)</sup>

#### **2.2.3.1.1 Toxicocinética.**

La vida media del  $Cd^{2+}$  en el cuerpo humano es de aproximadamente 15 a 30 años. El  $Cd^{2+}$  entra al torrente sanguíneo por absorción a nivel del estómago o del intestino luego de la ingesta de agua o comida contaminada o por absorción a nivel de los pulmones después de la inhalación. Usualmente llega a la sangre alrededor del 1 al 5% del  $Cd^{2+}$  que es ingerido por la boca, mientras que, se absorbe alrededor del 30 al 50% del que es inhalado.

Una vez absorbido el cadmio es transportado hasta el hígado donde induce la síntesis de proteínas de bajo peso molecular ricas en azufre (metalotioneínas). La metalotioneína es el “medio de transporte” del cadmio

en el plasma sanguíneo. Es la responsable de su casi despreciable tasa de excreción y de la acumulación del metal en los tejidos.

La acumulación de Cd en riñón e hígado depende de la intensidad, del tiempo de exposición y del estado óptimo de la función de excreción renal. En ambos casos se ha encontrado incremento con la edad. En las células, el cadmio se une a la metalotioneína, proteína cuyo peso molecular es de 6945 u (7 000 dalton) y que contiene 26 grupos SH libres por molécula, debido a la gran proporción de residuos de cisteína. La función principal de esta microproteína es la protección del sistema enzimático celular, aunque se le ha descrito otra función, cual es la de unirse específicamente al cadmio y a otros metales pesados.

Su síntesis en hígado, riñón e intestinos es inducida por el cadmio y se conoce por estudios experimentales que el complejo cadmio– metalotioneína es más tóxico para los túbulos renales. Paradójicamente, cuando la metalotioneína se sintetiza en las células, las protege de la toxicidad del cadmio, pues inactiva el metal. Se ha demostrado también escasa capacidad del riñón para sintetizarla, lo que hace insuficiente para fijar el cadmio y da lugar a aparición de las manifestaciones tóxicas.

Las principales vías de excreción son orina y heces. Por orina, diariamente se elimina 0,007% del contenido corporal y por heces 0,03%. La vida media de excreción urinaria es de hasta 40 años. Tan sólo una pequeña fracción del cadmio del compartimento sanguíneo y otra del hígado, a través de la vía biliar, se elimina por heces. (16,17)

### 2.2.3.1.2 Toxicodinamia

La dosis mínima de cadmio capaz de inducir efectos adversos para la salud humana sería de 2 mg. Esta cantidad varía mucho dependiendo de la fuente de intoxicación.<sup>(18)</sup>

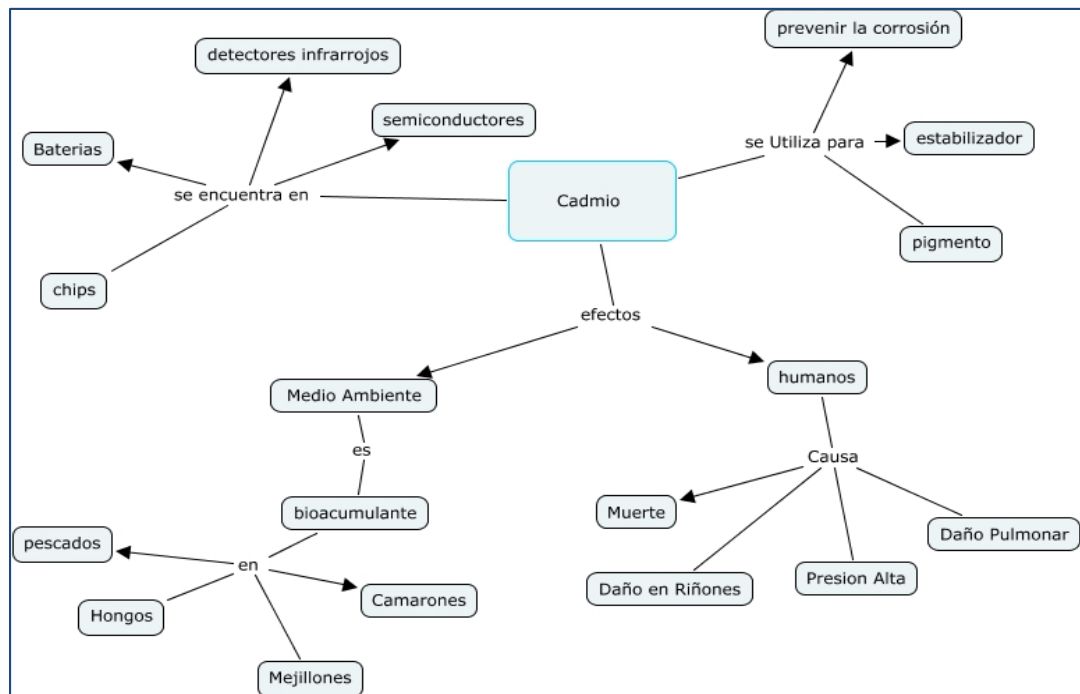
Entre las manifestaciones específicas, el cadmio tiene efectos bien establecidos en los riñones, los huesos y los pulmones; se tiene menos evidencia de sus efectos neurotóxicos, teratogénicos o alteradores del sistema endocrino. Uno de los indicios más típicos y tempranos de la larga exposición al cadmio es el daño que sufre la función renal. Con él, la reabsorción en los túbulos renales proximales está afectada y se manifiesta con una intensa proteinuria tubular, que puede resultar en una excreción de proteínas 10 veces superior a lo normal de proteínas totales, y hasta 1,000 veces de las de bajo peso molecular, como la beta-2 microglobulina.<sup>(17)</sup>

Los pulmones también se consideran órganos críticos en la exposición al polvo de cadmio. Se han publicado casos de neumonitis química con disnea, tos, expectoración, molestias torácicas y disfunción pulmonar. La exposición más alta podría causar edema pulmonar, lo que constituye una urgencia médica.

En cuanto a las manifestaciones gastrointestinales, la administración oral de 10 mg de cadmio puede originar trastornos gastroduodenales con náusea y vómito como respuesta inmediata, aunque la dosis oral aguda con efectos mortales para un adulto es superior a 350 mg. Además, se han descrito alteraciones en las actividades enzimáticas del hígado. Aparentemente, el cadmio no ejerce ninguna acción directa sobre la

hematopoyesis; más bien parece tener efecto de interferencia en la absorción del hierro de los alimentos. Estos efectos se manifiestan principalmente por una disminución en la concentración de hemoglobina; sin embargo, estos efectos son reversibles. En un número limitado de estudios epidemiológicos, se han examinado las asociaciones entre el cadmio y la aparición de otros cánceres dependientes de hormonas, como los de mama y endometrio. (15,17)

*Diagrama de flujo del cadmio.*



### 2.2.3.2 Mercurio

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). (19)

Los Incas, ya conocían el cinabrio al que denominaban “llampi” y también lo utilizaron como pintura. El mercurio fue empleado por los egipcios hacia la XVIII-XIX dinastía faraónica (1.600 - 1.500 años antes de J.C.) como lo prueba el hecho de haber encontrado mercurio líquido en una vasija funeraria de dicha época. Traducciones recientes de clásicos taoístas, demuestran que los alquimistas chinos conocían bien el mercurio y sabían obtenerlo a partir del cinabrio, mineral que era apreciado con especial reverencia porque consideraban que podía alargar la vida mejor que el oro. 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.<sup>(20)</sup> Para evitar confusiones con idénticos nombres (metal, planeta y dioses) los griegos llamaron al metal “HIDRARGIRO” palabra introducida por Aristóteles o por Teofrasto, que significa plata líquida y los romanos, concretamente Dioscorides, latinizaron esta expresión en “HIDRARGYRUM” que quiere decir plata viva. De esta denominación proceden el símbolo Hg del mercurio y el sustantivo “HIDRARGIRISMO”, intoxicación producida por el mercurio vapor o por algunos de sus compuestos.

En sus compuestos, el mercurio se encuentra en los estados de oxidación 2+, 1+ y más bajos; por ejemplo,  $\text{HgCl}_2$ ,  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$  o  $\text{Hg}_3(\text{AsF}_6)_2$ . A menudo los átomos de mercurio presentan dos enlaces covalentes; por ejemplo,  $\text{Cl-Hg-Cl}$  o  $\text{Cl-Hg-Hg-Cl}$ . 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 disociadas. Las soluciones acuosas de estas sales reaccionan como ácidos fuertes a causa de la hidrólisis que ocurre. Otras sales de mercurio (III), como  $\text{HgCl}_2$  o  $\text{Hg}(\text{CN})_2$ , también se disuelven en agua, pero en solución sólo están poco disociadas. Hay compuestos en que los átomos de mercurio están directamente enlazados a átomos de carbono o de nitrógeno; por ejemplo,  $\text{H}_3\text{C-Hg-CH}_3$  o  $\text{H}_3\text{C-CO-NH-Hg-NH-CO-CH}_3$ . En complejos, como  $\text{K}_2(\text{HgI}_4)$ , a menudo tiene tres o cuatro enlaces. <sup>(21)</sup>

El mercurio se encuentra comúnmente como su sulfuro  $\text{HgS}$ , con frecuencia como rojo de cinabrio y con menos abundancia como metal cinabrio negro. Un mineral menos común es el cloruro de mercurio (I). A veces los minerales de mercurio contienen gotas pequeñas de mercurio metálico debido a su tensión superficial 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) <sup>(22)</sup>

#### **2.2.3.2.1 Toxicocinética**

El ingreso del mercurio es por las vías respiratorio, digestivo y cutáneo.

**Vía Respiratoria** (absorción por inhalación).

Esta vía es la más importante y, tanto el mercurio elemental como el inorgánico y sus compuestos, puede ingresar por inhalación y alcanzar la sangre con una eficiencia del 80%.

### **Vía Digestiva** (absorción por ingestión).

En el tracto gastrointestinal, el mercurio inorgánico se absorbe en cantidad menor al 0,01%, La razón puede radicar en los siguientes factores:

- 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 de si el radical metilo está unido a una proteína o no.

### **Vía cutánea**

El metilmercurio es muy probable que penetre por la piel, se han descrito casos de intoxicación debida a la aplicación local de pomadas conteniendo metilmercurio. Sin embargo, no está demostrado que esta vía tenga un papel importante en la exposición, comparada con las otras. Es más, es posible que en el caso de aplicación de pomadas, el tóxico penetre en el organismo por inhalación, a partir del ungüento. <sup>(20)</sup>

### **Transporte y Biotransformación**

Circula en la sangre unido a la membrana celular se acumula en los riñones (túbulo contorneado proximal y asa de Henle). Atraviesa la

barrera hematoencefálica. En las células en los lisosomas y mitocondrias.

El alquil-mercurio por ser liposoluble tiene un gran neurotropismo.

La vida media del metálico es de 23 días-40 días y de los orgánicos 70 días se acumula con facilidad.

### **Biotransformación**

Los orgánicos liberan lentamente mercurio metálico.

### **Eliminación**

La orina y las heces son rutas preferentes de eliminación para los compuestos inorgánicos, <sup>(20,21)</sup>

### **Toxicodinamia**

Los efectos tóxicos del mercurio, inorgánico y orgánico, son debidos a que en su forma iónica no establece enlaces químicos.

El mercurio es tóxico, porque precipita las proteínas sintetizadas por la célula, principalmente las neuronas, y porque inhibe los grupos sulfhidrilo de varias enzimas esenciales.

### **Intoxicación aguda**

La inhalación aguda de vapores de mercurio elemental puede causar neumonitis química y edema pulmonar no cardiogénico. La ingestión aguda de sales de mercurio inorgánico, puede desencadenar una gastroenteritis hemorrágica, corrosiva y potencialmente amenazante e insuficiencia renal.

### **Intoxicación crónica**

La intoxicación crónica por inhalación de vapores de mercurio. El cuadro se caracteriza por un síndrome neuro-psiquiátrico y gingivoestomatitis.

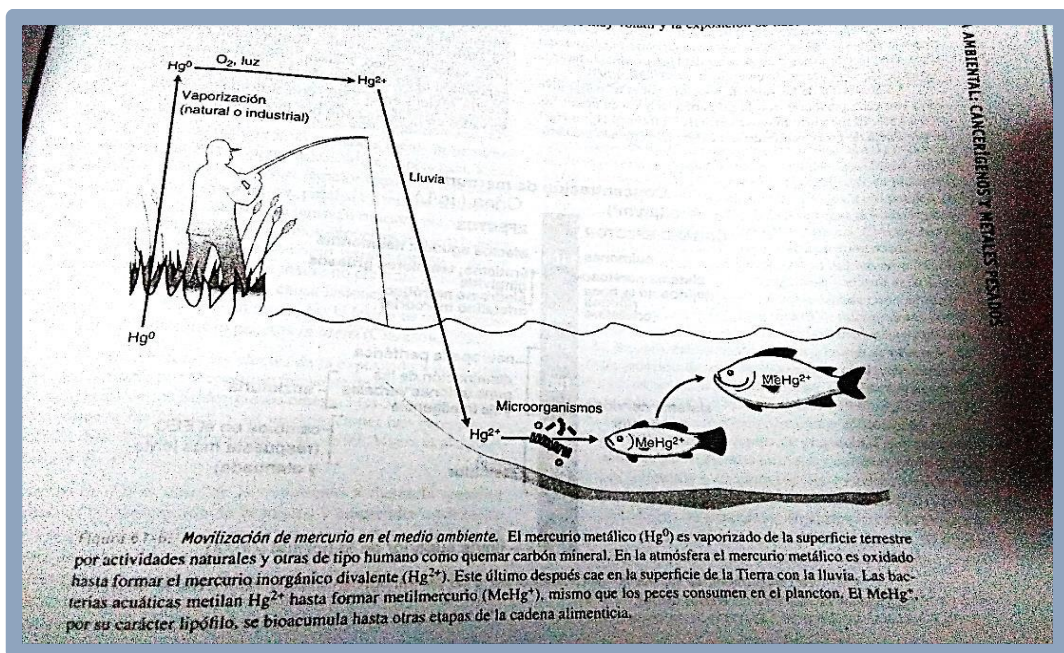


Se caracteriza por un temblor fino en manos y cara esto puede progresar.

Incluye pérdida de memoria, fatiga, insomnio y anorexia.

El síndrome renal se caracteriza por una nefropatía intersticial evolutiva que causa hacia una insuficiencia renal crónica con hipertensión arterial, retención de líquido y uremia. (21,22)

### Movilización de mercurio en el medio ambiente



Fuente: Goodman & Gilman. Las bases farmacológicas de la terapéutica. 12ed. Editorial Mc Gran Hill-interamericana. Mexico. 2012

### 2.2.3.3 Plomo

El plomo es un metal pesado de color grisáceo, de aspecto color brillante al corte pero toma un aspecto mate rápidamente por oxidación. Es muy dúctil y maleable. Funde a  $327^{\circ}C$  y hierve a  $1525^{\circ}C$ . (23)

Su absorción gastrointestinal puede variar entre el 1 y el 80%, dependiendo de:

- ❖ Especie animal afectada.
- ❖ Composición de la dieta.
- ❖ Factores nutricionales.
- ❖ Edad: en seres humanos adultos se absorbe 4 -11% y en niños puede llegar hasta el 50%.
- ❖ Dosis administrada.
- ❖ Tipo de compuesto de Pb. (Acetato >cloruro> lactato > carbonato > sulfito > sulfato > fosfato). <sup>(24)</sup>

Se distribuye a través de la barrera hematoencefálica, pudiendo llegar al cerebro (sobre todo en animales jóvenes). También llega al feto y, en pequeñas cantidades, a la leche.

Se acumula en hígado, riñones y huesos, de donde puede ser movilizado en épocas de deficiencia de calcio (por ejemplo osteoporosis en humanos).

Se elimina por heces, aunque muy lentamente (se produce bioacumulación).

La vida media de eliminación del plomo en ovejas en periodo de lactación es de 250 días. En ganado vacuno es de entre 95 y 760 días y en seres humanos es de entre 2 y 18 años. Se produce acumulación en hígado, riñones (sobre todo en la corteza renal) y, en menor medida, en músculo. Las materias primas se contaminan a través de la absorción del plomo que hay en el suelo, cuya concentración puede estar aumentada a causa de la acción humana. Se trata principalmente de regiones industrializadas en las que hay actividad minera o metalúrgica, pinturas industriales, pilas, incineradoras o residuos urbanos aplicados en tierras de cultivo. <sup>(25)</sup>

El plomo se acumula sobre todo en las raíces y menos en los tallos y hojas. Los vegetales que mayores concentraciones de Pb pueden presentar son, de mayor a menor concentración: Pasto > heno > ensilado de maíz > ensilado de pasto > resto de forrajes > pulpa de remolacha > cebada. <sup>(26)</sup>

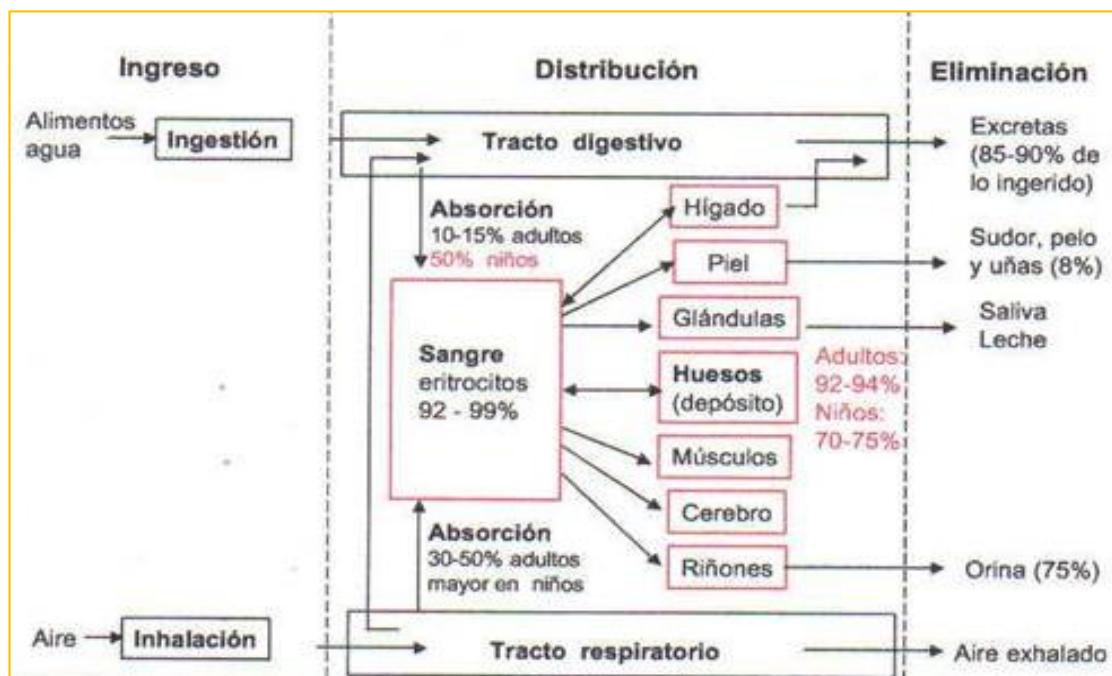
#### **2.2.3.3.1 Toxicocinética**

El plomo puede ser inhalado y absorbido a través del sistema respiratorio o ingerido y absorbido por el tracto gastrointestinal; la absorción percutánea del plomo inorgánico es mínima, pero el plomo orgánico si se absorbe bien por esta vía. Después de la ingestión de plomo, éste se absorbe activamente, dependiendo de la forma, tamaño, tránsito gastrointestinal, estado nutricional y la edad; hay mayor absorción de plomo si la partícula es pequeña, si hay deficiencia de hierro y/o calcio, si hay gran ingesta de grasa o inadecuada ingesta de calorías, si el estómago está vacío y si se es niño, ya que en ellos la absorción de plomo es de 30 a 50% mientras que en el adulto es de 10%. Luego de su absorción el plomo se distribuye en compartimentos, en primer lugar circula en sangre unido a los glóbulos rojos, el 95% del plomo está unido al eritrocito, luego se distribuye a los tejidos blandos como hígado, riñón, médula ósea y sistema nervioso central que son los órganos blanco de toxicidad, luego de 1 a 2 meses el plomo difunde a los huesos donde es inerte y no tóxico. El metal puede movilizarse del hueso en situaciones como inmovilidad, embarazo, hipertiroidismo, medicaciones y edad avanzada. El plomo cruza la placenta y la barrera hematoencefálica.

Finalmente se excretará por orina en un 90%, y en menor cantidad en la bilis, piel, cabello, uñas, sudor y leche materna. Hay que recordar que en el hueso está depositado el 90% del plomo y que una disminución de la plumbemia sin quelación indica esta distribución a tejido blando y hueso.

(26,27)

Vías de absorción, distribución y eliminación del plomo en el organismo humano.



Fuente: Organización Panamericana de la Salud (OPS).

### 2.2.3.3.2 Toxicodinamia

El plomo tiene gran afinidad por los grupos sulfhidrilo, en especial por las enzimas dependientes de zinc. El mecanismo de acción es complejo; en primer lugar parece ser que el plomo interfiere con el metabolismo del calcio, sobre todo cuando el metal está en concentraciones bajas, el plomo altera el calcio de las siguientes formas: reemplaza al calcio y se comporta como un segundo mensajero intracelular, alterando la

distribución del calcio en los compartimentos dentro de la célula. Finalmente esta alteración a nivel del calcio traería consecuencias en la neurotransmisión y en el tono vascular lo que explicaría en parte la hipertensión y la neurotoxicidad. Por otro lado, el plomo es tóxico para las enzimas dependientes del zinc, los órganos más sensibles a la toxicidad son el sistema hematopoyético, el sistema nervioso central y el riñón. Interfiere con la síntesis del Hem, ya que se une a los grupos sulfhidrilos de las metaloenzimas como son la aminolevulínico deshidratasa, coproporfirinógeno oxidasa y la ferroquelatasa; siendo el resultado final, el aumento de las protoporfirinas como la zinc-protoporfirina (ZPP) y la anemia. A nivel renal interfiere con la conversión de la vitamina D a su forma activa, hay inclusiones intranucleares en los túbulos renales, produce una tubulopatía, que en estadios más avanzados llega a atrofia tubular y fibrosis sin compromiso glomerular, caracterizándose por una proteinuria selectiva. Varias funciones del sistema nervioso central están comprometidas, principalmente porque el plomo altera en muchos pasos el metabolismo y función del calcio como explicamos previamente. El plomo se acumula en el espacio endoneural de los nervios periféricos causando edema, aumento de la presión en dicho espacio y finalmente daño axonal. <sup>(28)</sup>

## IV. PARTE EXPERIMENTAL

### 3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

- Descriptivo: Se determinó las concentraciones de cadmio, plomo 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 langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo en lima y de ventanilla en el callao durante el periodo Marzo-Abril 2016 los langostinos se recolectaron después de la planeación.

### 3.2 POBLACION Y MUESTRA DE ESTUDIO

#### 3.2.1 Población

La población está comprendida por el total de langostinos (*Litopenaeus vannamei*) expendidos en 20 puestos mayoristas: 10 puestos mayoristas procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y 10 puestos mayorista del terminal pesquero de Ventanilla en el Callao.

Para nuestro población de estudio se consideró 10 muestras obtenidas de cada puesto mayorista procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y 10 muestras de cada puesto mayorista del terminal pesquero de Ventanilla en el Callao.

### 3.2.2 Muestra

El Muestreo se realizó en 20 puestos (tomados como referencia a los puestos mayoristas totales encontrados en los dos terminales pesqueros. 10 unidades de Villa María del Triunfo de Lima y 10 unidades en el terminal pesquero de Ventanilla en el Callao.

Para el estudio se recolectó 20 unidades de langostinos (*Litopenaeus vannamei*), durante el periodo Marzo –Abril 2016.

Se adquirió 500 gramos de cada muestra. En cada muestra se analizó cadmio, plomo y mercurio.

La especie *Litopenaeus vannamei*, conocida como “langostino blanco”; es la más cultivada en el Perú y la actividad langostinera se desarrolla en Tumbes.

El procesamiento de la muestra se realizó en el laboratorio de toxicología de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Norbert Wiener.

Los análisis de las muestras se realizaron en el laboratorio Centro Toxicológico S.A.C (CETOX).

## 3.3 REACTIVOS, MATERIALES, INSTRUMENTOS Y EQUIPO.

### 3.3.1 Reactivos

- ✚ Agua ultra pura Tipo I, usada para la preparación de reactivos y limpieza de los materiales de vidrio.
- ✚ Ácido nítrico ultra puro 65%.
- ✚ Ácido clorhídrico ultra puro 35%.
- ✚ Agua oxigenada 30vol.
- ✚ Solución stock: 1000mg/L de Cd como Cd (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>

- ✚ Solución stock: 1000mg/L de Hg como Hg (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>
- ✚ Solución stock: 1000mg/L de Pb como Pb (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>
- ✚ Solución modificante: Ácido Fosfórico (1%) ultra puro.
- ✚ Hidróxido de Sodio Q.P
- ✚ Boro hidruro de Sodio Q.P
- ✚ Ioduro de Potasio Q.P

### 3.3.2 *Materiales*

- ✚ Fiolas Clase A de 25mL y 100 mL
- ✚ Matraces de 100mL Clase A
- ✚ Pipetas automáticas de 100μL – 1000μL
- ✚ Pipetas automáticas de 500μL – 5000μL
- ✚ Tips de 100μL – 1000μL
- ✚ Tips de 500μL– 5000μL

### 3.3.3 *Instrumentos y Equipos*

- ✚ Espectrofotómetro de Absorción Atómica con Horno de Grafito Perkin Elmer Analyst 600.
- ✚ Digestor Microondas Multiwave.
- ✚ Campana extractora.
- ✚ Balanza eléctrica.
- ✚ Destilador de agua.
- ✚ Generador de hidruros.
- ✚ Hidruros.



## 3.4 TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS ANALÍTICOS.

### 3.4.1 Técnica Operatoria

#### 3.4.1.1 Espectroscopia de Absorción Atómica.

La Espectroscopia de Absorción Atómica (EAA), tiene como fundamento la absorción de radiación de una longitud de onda determinada. Esta radiación es absorbida selectivamente por átomos que tengan niveles energéticos cuya diferencia en energía corresponda en valor a la energía de los fotones incidentes. La cantidad de fotones absorbidos, está determinada por la ley de Beer, que relaciona esta pérdida de poder radiante, con la concentración de la especie absorbente y con el espesor de la celda o recipiente que contiene los átomos absorbedores.

Los componentes instrumentales de un equipo de espectrofotometría de absorción atómica son los similares a los de un fotómetro o espectrofotómetro de flama, excepto que en EAA se requiere de una fuente de radiación necesaria para excitar los átomos del analito. <sup>(29)</sup>

Componentes de Espectroscopia de Absorción Atómica:

- a) Una **fente de radiación**, que emita una línea específica correspondiente a la necesaria para efectuar una transición en los átomos del elemento analizado.
- b) Un **nebulizador**, que por aspiración de la muestra líquida, forme pequeñas gotas para una atomización más eficiente.
- c) Un **quemador**, en el cual por efecto de la temperatura alcanzada en la combustión y por la reacción de combustión misma, se

favorezca la formación de átomos a partir de los componentes en solución.

- d) Un **sistema óptico** que separe la radiación de longitud de onda de interés, de todas las demás radiaciones que entran ha dicho sistema.
- e) Un **detector o transductor**, que sea capaz de transformar, en relación proporcional, las señales de intensidad de radiación electromagnética, en señales eléctricas o de intensidad de corriente.
- f) Un **amplificador o sistema electrónico**, que como su nombre lo indica, amplifica la señal eléctrica producida, para que en el siguiente paso pueda ser procesada con circuitos y sistemas electrónicos comunes.
- g) Por último, se requiere de un **sistema de lectura** en el cual la señal de intensidad de corriente, sea convertida a una señal que el operario pueda interpretar (ejemplo: transmitancia o absorbancia). Este sistema de lectura, puede ser una escala de aguja, de dígitos, un graficador, una serie de datos que pueden ser procesados a su vez por una computadora, etc.<sup>(30)</sup>

#### **3.4.1.2 Espectrometría de Absorción atómica asociado a un Horno de Grafito.**

El espectrómetro de absorción atómica por Horno grafito (GFAAS) permite trabajar con muestras de volumen muy reducido (inferior a 100  $\mu$ L) o directamente sobre muestras orgánicas líquidas. Habitualmente se analizan muestras de material biológico de

origen clínico (sangre, suero, orina, biopsias hepáticas, etc.). Por su elevada sensibilidad (niveles de ppb), la técnica se aplica en la detección de metales en productos de alta pureza, como por ejemplo fármacos, alimentos (peces y carne) y productos industriales, y también en aguas de bebida y de acuíferos (determinación de la presencia de Cu, Cd, Pb, As, Hg, etc.) <sup>(31)</sup>

#### **3.4.1.3 Espectrometría de Absorción atómica Generador de Hidruros**

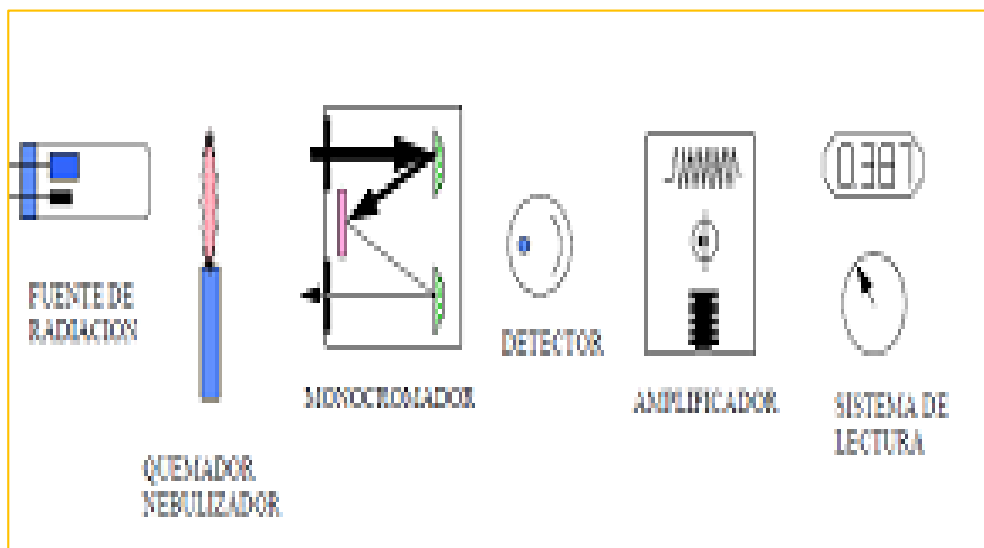
Hay algunos elementos que son difíciles de volatilizar con una llama horno. Para estos elementos se utiliza la técnica de generación de vapor, ya sea formando el hidruro metálico del elemento (Arsénico, Bismuto, Antimonio, Estaño, Selenio) o directamente vapores como en el caso del Mercurio. La generación 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 boro hidruro de sodio,  $\text{NaBH}_4$ , que implica la reacción del elemento analito, en una solución ácida, con el  $\text{NaBH}_4$  para formar hidruros gaseosos del elemento en estudio.
- 2) El método del cloruro de estaño II,  $\text{SnCl}_2$ , en el cual se agrega  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  a la muestra. La solución obtenida reacciona con

$\text{eSnCl}_2$  que está en medio ácido para formar el hidruro gaseoso del elemento de interés.

### **Espectrofotetría de Absorción Atómica.**



**Fuente:** MC Edmundo Rocha DR .Facultad De Ciencias Químicas UACH.

## **3.4.2 Procedimiento de recolección de datos**

### **3.4.2.1 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 10% y con agua ultrapura y finalmente secado en estufa.
- b) **Cantidad de muestra a utilizar:** Se tomaron la parte comestible de los langostinos triturándolos, se homogenizó y se pesó 0,5 g de muestra que se colocó en un tubo de teflón al que se le adicionó 6 ml ácido nítrico Ultrapuro más 1 ml ácido clorhídrico Ultrapuro y 0,5 ml de agua oxigenada Ultrapuro al 30% se sella y es llevado al Digestor de Microondas a una potencia de 1600w, a un tiempo de

30 minutos y de 15 minutos de enfriamiento. Luego fueron transvasados a fioles de 25ml y enrasados con agua Ultrapuro tipo I quedando listos para su correspondiente lectura al Espectrofotómetro de Absorción Atómica.

#### **3.4.2.2 Digestión asistida por Microondas**

El presente método emplea la vibración de los enlaces de las moléculas de agua cuando 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: La primera etapa consiste en la digestión de la muestra (langostinos) 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.

#### **3.4.2.3 Determinación de cadmio, mercurio y plomo:**

- ✚ Para cadmio se empleó una lámpara de cátodo hueco a una longitud de onda de 228,8nm con Horno de grafito y tubo de grafito con plataforma de L'vov, con corrección de fondo con Deuterio.
- ✚ Para mercurio se empleó una lámpara de cátodo hueco a una longitud de onda de 253,7nm por Generador de Hidruros.
- ✚ Para plomo se empleó una lámpara de cátodo hueco a una longitud de onda de 283,3nm con Horno de grafito y tubo de grafito con plataforma de L'vov, con corrección de fondo con Deuterio.

### 3.5 MÉTODO

#### a) Determinación de cadmio por horno de grafito.

##### PARÁMETROS DE INSTRUMENTO

Tipo de Sistema	Horno
Elemento	Cd
Matriz	Ácido Fosfórico.
Corriente de Lámpara.	3.00mA
Longitud de Onda	228.80nm
Ancho de corte	2.00 nm
Tamaño de Apertura	Reducido
Modo de Instrumento	Encender Abs. BC

##### PARAMETROS DE CALIBRACIÓN

Modo de Calibración	LS Lineal a través de Cero
Muestra fuera de rango de acción	No
Unidades de Conc.	Ppm
Punto decimal de Conc.	2
Falla de Calibración	No
Acción de fallo de cal.	Continuar.

Medir muestra en Blanco después de Cal.	No
Auto-guardar método después de calibración.	Si

### PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE MUESTRA

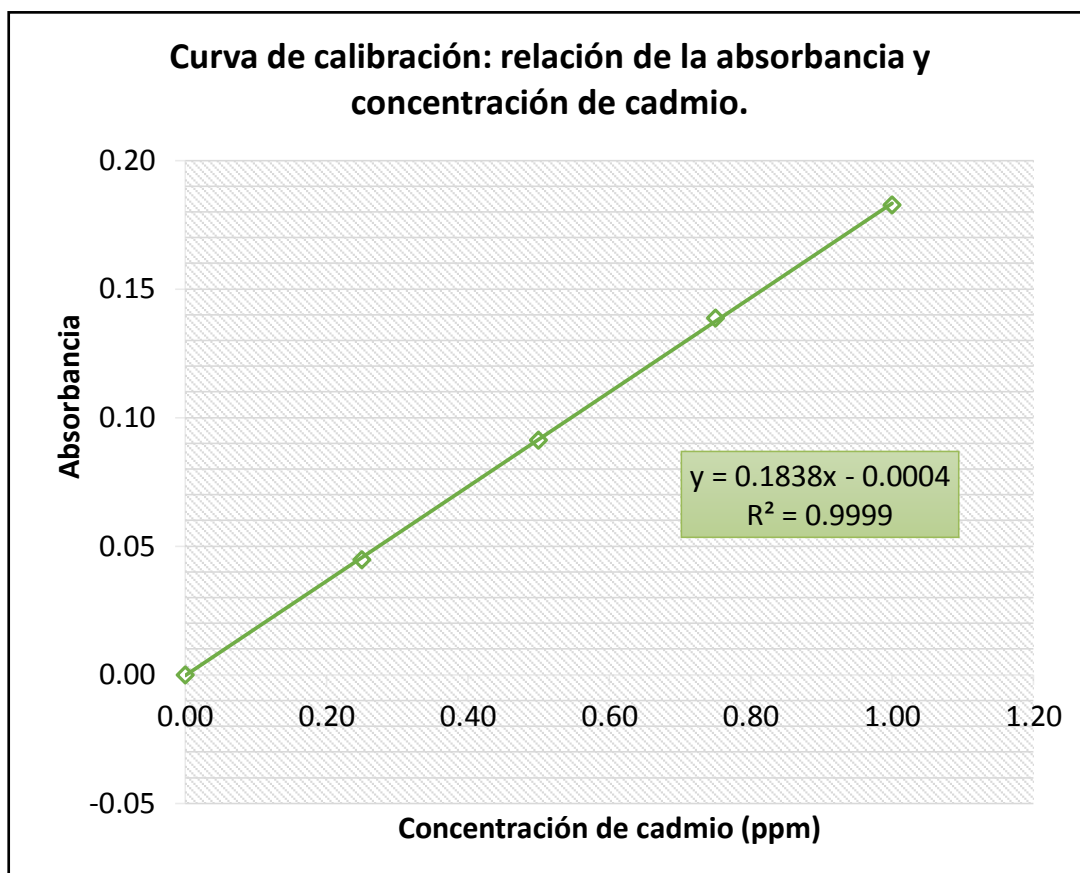
Modo de Medición	Área máxima.
Introducción de Muestras	Automático
Constante de Tiempo	0.00
Replicas	1

#### 🚦 Calibración Completa:

**Modo de calibración:** LS Lineal A través de Cero, **Error máx.:** 0.0087, **R<sup>2</sup>:** 0.9997, **R:** 0.9999, **Conc. = 5.4585 \*Abs.**

Muestra Etiquetada	Conc. Cd (ppm)	Media Abs
Cal. Blanco	-----	0.0000
Estándar 1	0.25	0.0448
Estándar 2	0.50	0.0913
Estándar 3	0.75	0.1388
Estándar 4	1.00	0.1827

FIGURA 1



b) **Método: Determinación de Mercurio por Generador de Hidruros por Absorción Atómica.**

**PARÁMETROS DE INSTRUMENTO**

Tipo de Sistema	Generador de Hidruros
Elemento	Hg
Matriz	Ácido Fosfórico.
Corriente de Lamp.	3.00Ma
Longitud de Onda	253.70nm
Ancho de corte	0.50 nm



Tamaño de Apertura	Normal
Modo de Instrumento	Apagar Abs. BC

### PARAMETROS DE CALIBRACIÓN

Modo de Calibración	LS Lineal a través de Cero
Muestra fuera de rango de acción	No
Unidades de Conc.	Ppb
Punto decimal de Conc.	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

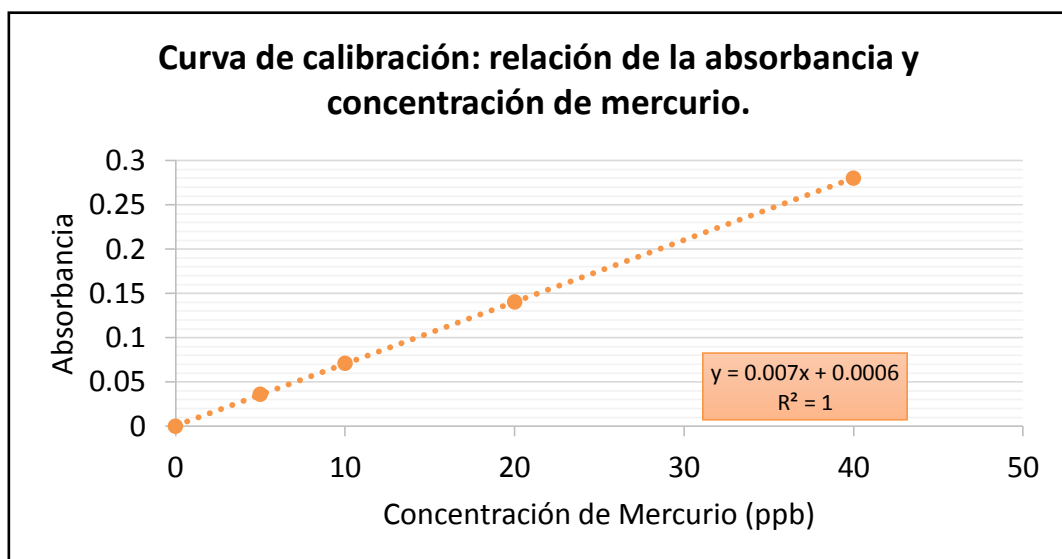
Modo de Medición	Integración
Introducción de Muestras	Manual.
Constante de Tiempo	0.00 s
Replicas	2

#### 🚦 Calibración completa:

**Modo de calibración:** LS Lineal A través de Cero, **Error máx.:** 0.1377, **R<sup>2</sup>:** 0.9999, **R:** 1, **Conc. =** 142.7132 \*Abs.

Muestra Etiquetada	Conc. Hg (ppb)	Media Abs
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

**FIGURA 2**



**C) Determinación de Plomo por Horno de grafito.**

## PARÁMETROS DE INSTRUMENTO

Tipo de Sistema	Horno
Elemento	Pb
Matriz	Ácido Fosfórico.
Corriente de Lámpara	5.00Ma
Longitud de Onda	283,30nm
Ancho de corte	0.50nm
Tamaño de Apertura	Reducido
Modo de Instrumento	Encender Abs. BC

 **Calibración completa**

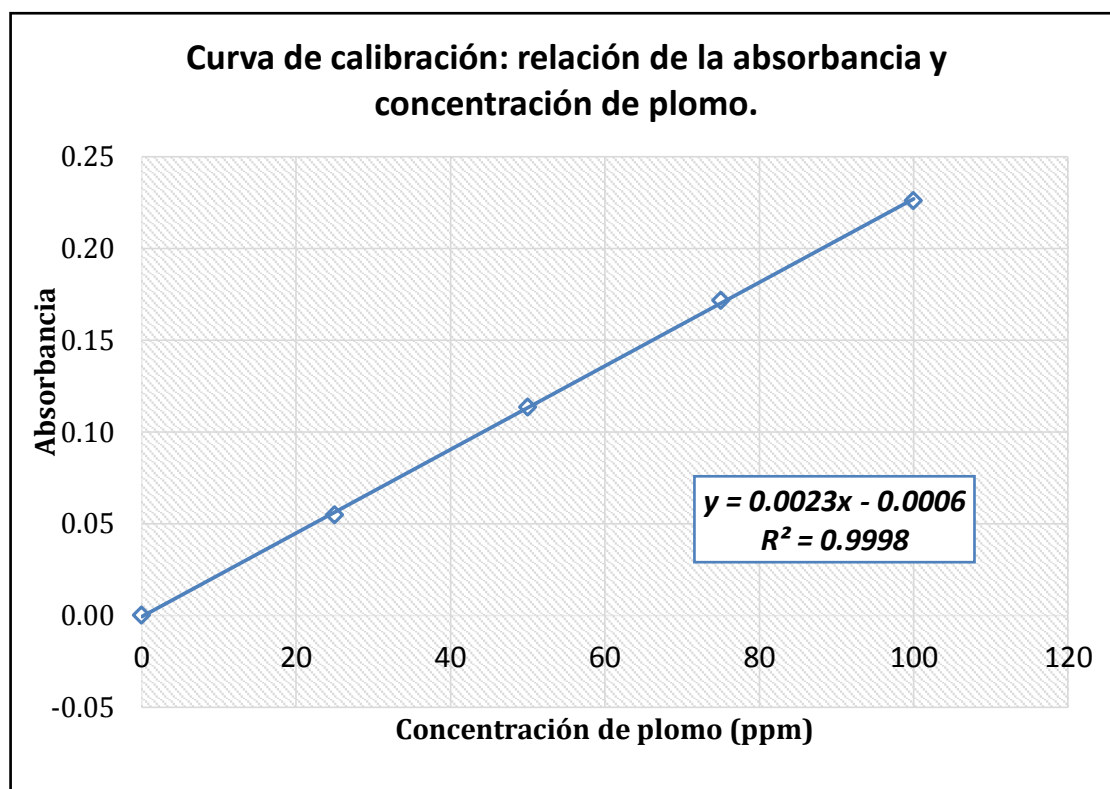
## PARÁMETROS DE CALIBRACIÓN

<b>Modo de Calibración</b>	<b>LS Lineal a través de Cero</b>
<b>Muestra fuera de rango de acción</b>	No
<b>Unidades de Conc.</b>	Ppm
<b>Punto decimal de Conc.</b>	2
<b>Falla de Calibración</b>	No
<b>Acción de fallo de cal.</b>	Continuar
<b>Medir muestra en Blanco después de Cal.</b>	No
<b>Auto-guardar método después de cal.</b>	No

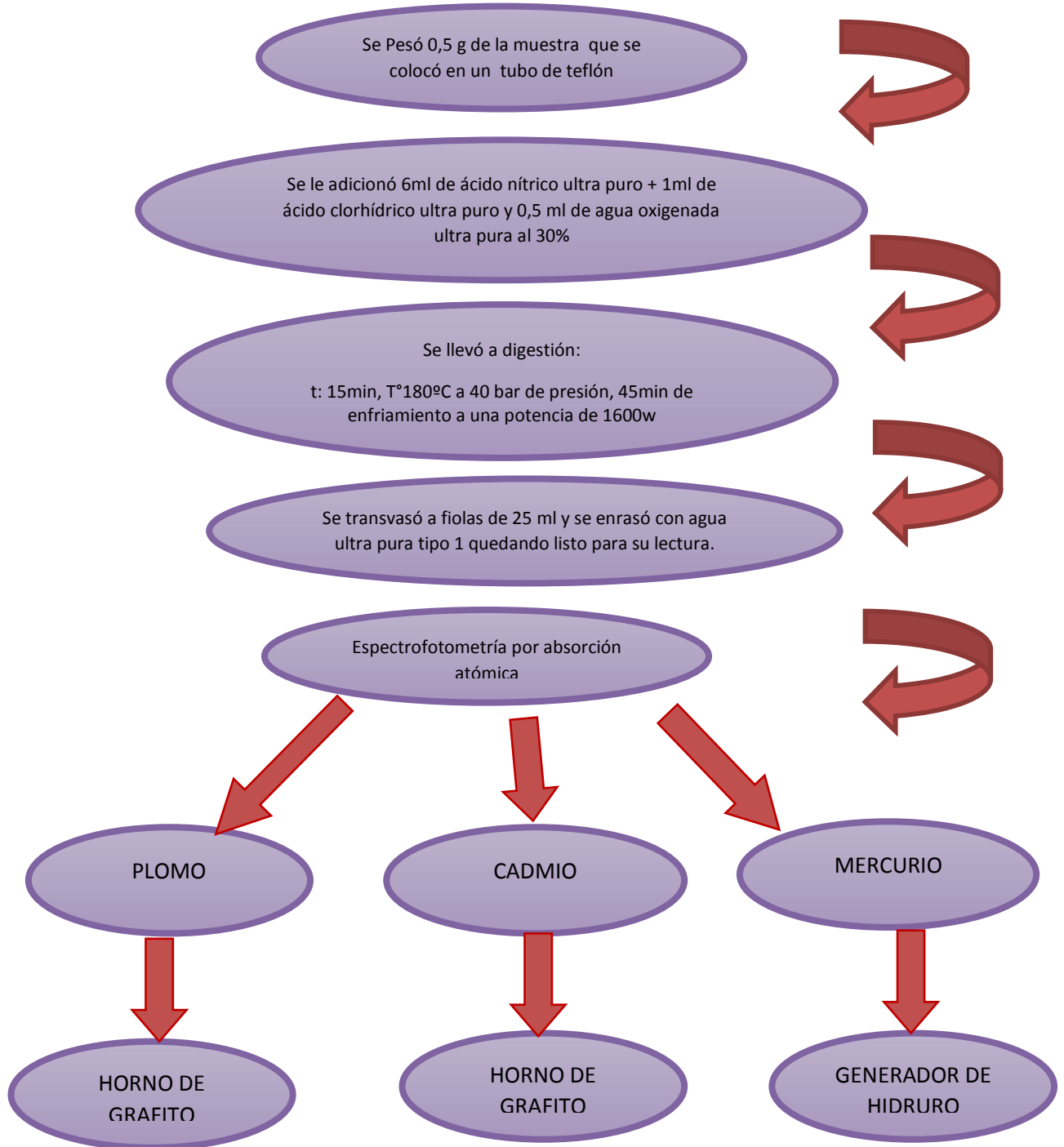
**Modo de calibración:** LS Lineal A través de Cero, **Error máx.:** 0,6331, **R<sup>2</sup>:** 0,9998, **R:** 0,9999, **Conc. = 439.6764\*Abs.**

<b>Muestra</b>	<b>Conc. Pb</b>	<b>Media</b>
<b>Etiquetada</b>	<b>(ppm)</b>	<b>Abs.</b>
Cal Blanco	-----	0,0000
Estándar 1	25,00	0,0547
Estándar 2	50,00	0,1135
Estándar 3	75,00	0,1717
Estándar 4	100,00	0,2261

**FIGURA 3**



## DIAGRAMA DE FLUJO DEL ANALISIS CUANTITATIVO



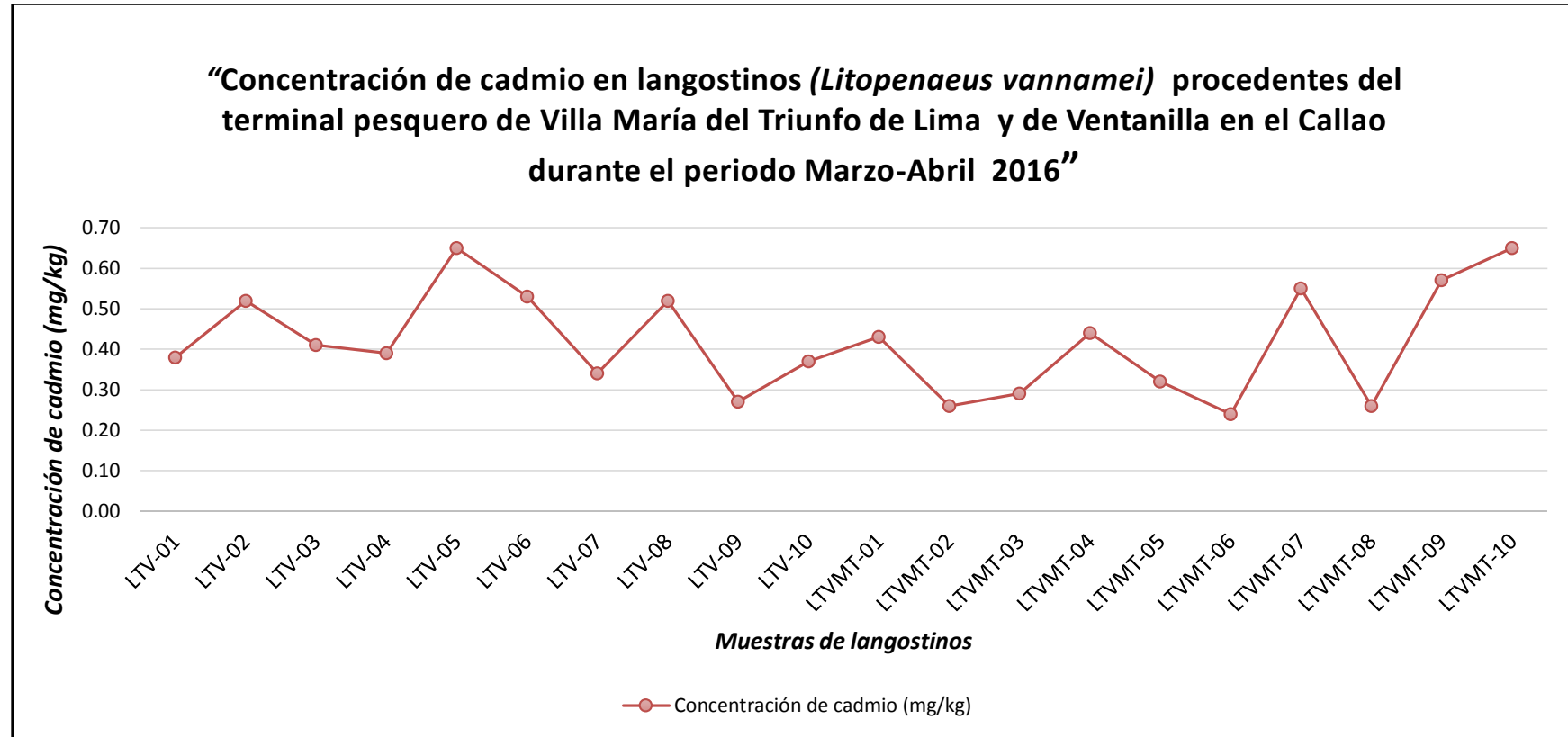
## V. RESULTADOS

**CUADRO N° 1:** Concentración de cadmio en langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero de Villa María de Lima y de Ventanilla en el Callao durante el periodo Marzo-Abril 2016.

N°	Código	Concentración de cadmio (mg/kg)
1	LTV-01	0,38
2	LTV-02	0,52
3	LTV-03	0,41
4	LTV-04	0,39
5	LTV-05	0,65
6	LTV-06	0,53
7	LTV-07	0,34
8	LTV-08	0,52
9	LTV-09	0,27
10	LTV-10	0,37
11	LTVMT-01	0,43
12	LTVMT-02	0,26
13	LTVMT-03	0,29
14	LTVMT-04	0,44
15	LTVMT-05	0,32
16	LTVMT-06	0,24
17	LTVMT-07	0,55
18	LTVMT-08	0,26
19	LTVMT-09	0,57
20	LTVMT-10	0,65

**Interpretación:** En el cuadro N°1 se observa los valores de cadmio hallados en langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero de Villa María de Lima y de Ventanilla en el Callao durante el periodo Marzo - Abril 2016.

FIGURA 4



**Interpretación:** En la figura N° 4 se observa los valores de cadmio hallados en langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao durante el periodo Marzo-Abril 2016.

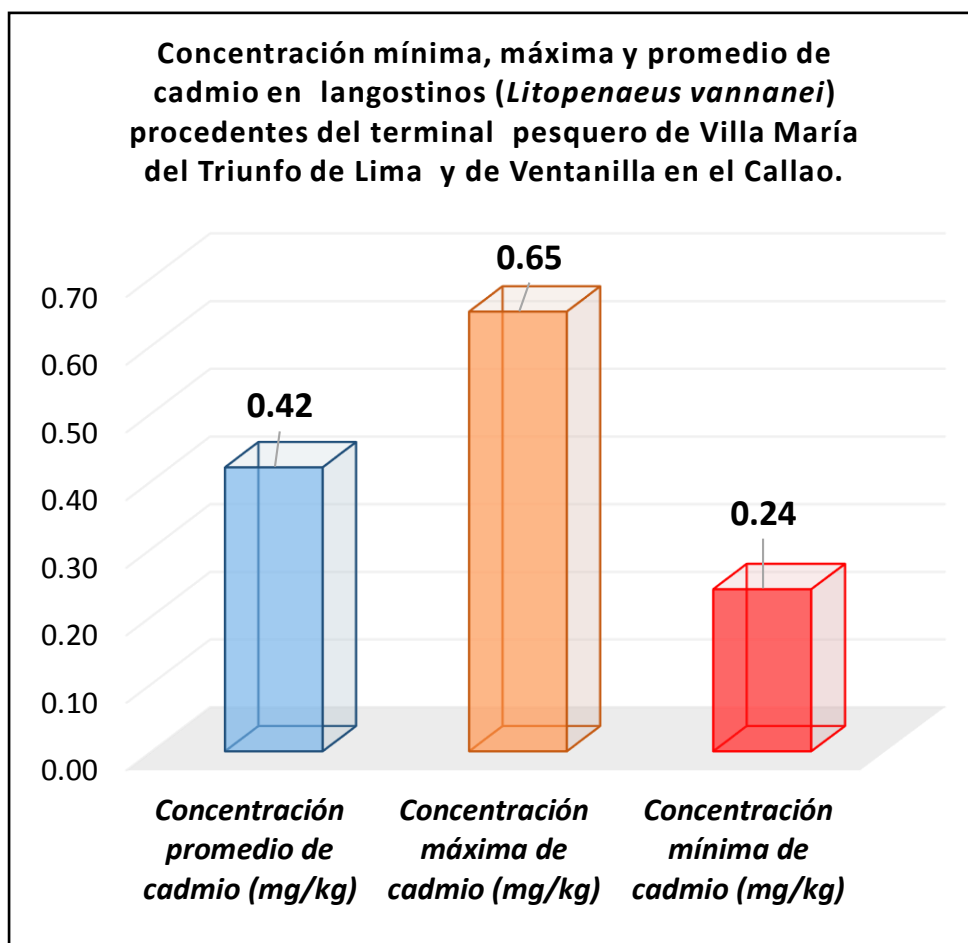
**CUADRO N° 2:** Datos estadísticos de la concentración de cadmio en langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao durante el periodo Marzo-Abril 2016.

DATO ESTADÍSTICO		Concentración de cadmio (mg/kg) (n=20)
Parámetros de Centralización	Mediana	0,40
	Promedio (Media aritmética)	0,42
Parámetros de Dispersión	Rango	0,41
	Desviación Estándar	0,13
	Valor Máximo	0,65
	Valor Mínimo	0,24

**Interpretación:** En el cuadro N°2 se observa los valores hallados para cadmio en langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao. Se determinó que la concentración promedio es 0,42 mg/kg, el valor máximo es 0,65 mg/kg, y el valor mínimo es 0,24mg/kg siendo el rango de 0,41 mg/kg lo que nos indica que sus valores están dispersos.

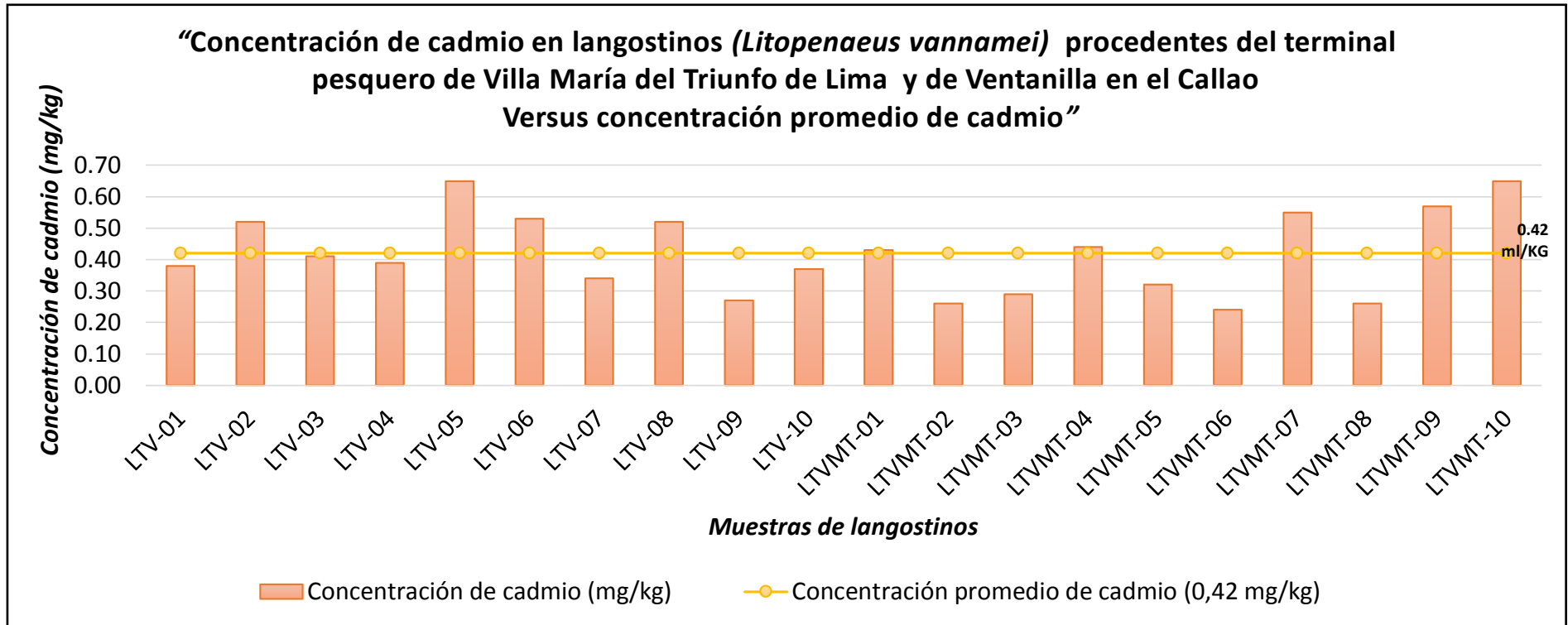


Figura N° 5:



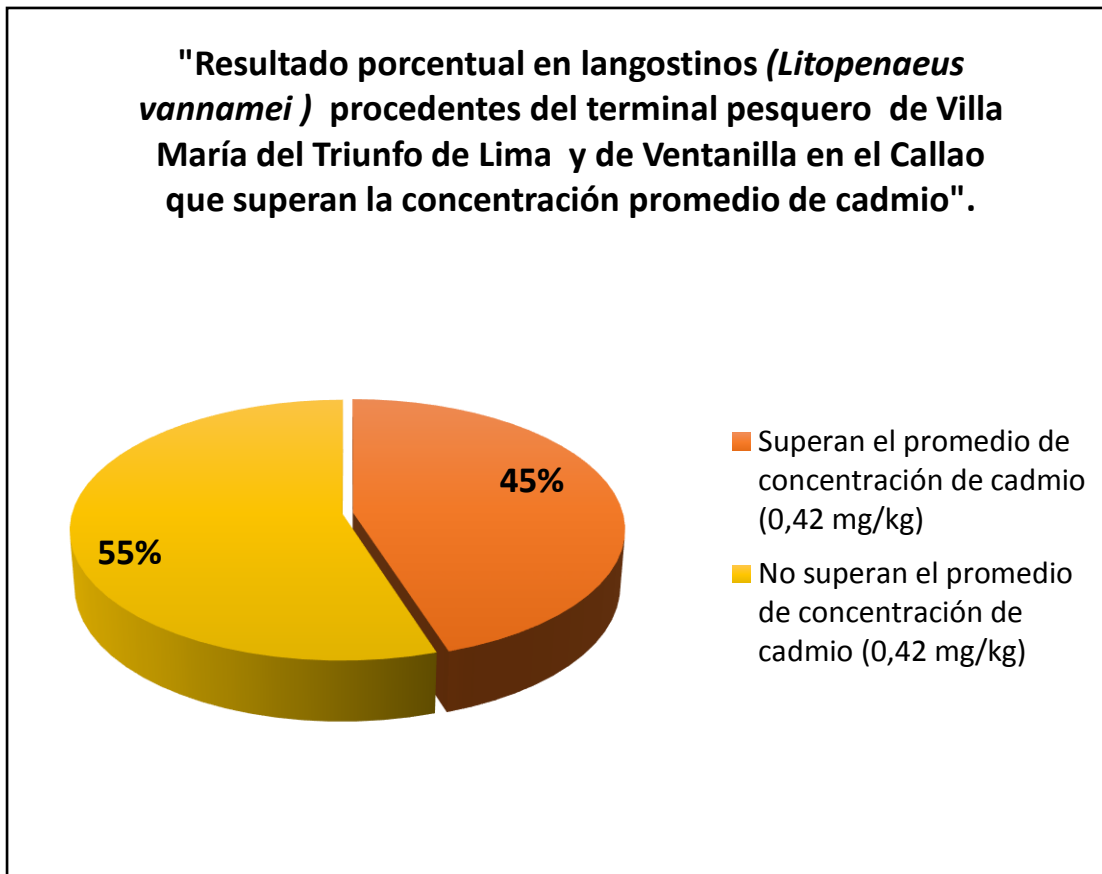
**Interpretación:** En la figura N° 5 se observa que la concentración promedio es 0,42 mg/kg, el valor máximo es 0,65 mg/kg, y el valor mínimo es 0,24 mg/kg para cadmio en langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao.

FIGURA 6



**Interpretación:** En la figura N° 6 se observa que las concentraciones de cadmio en langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero de Villa María de Lima y de Ventanilla en el Callao, versus la concentración promedio es 0,42 mg/kg.

FIGURA 7



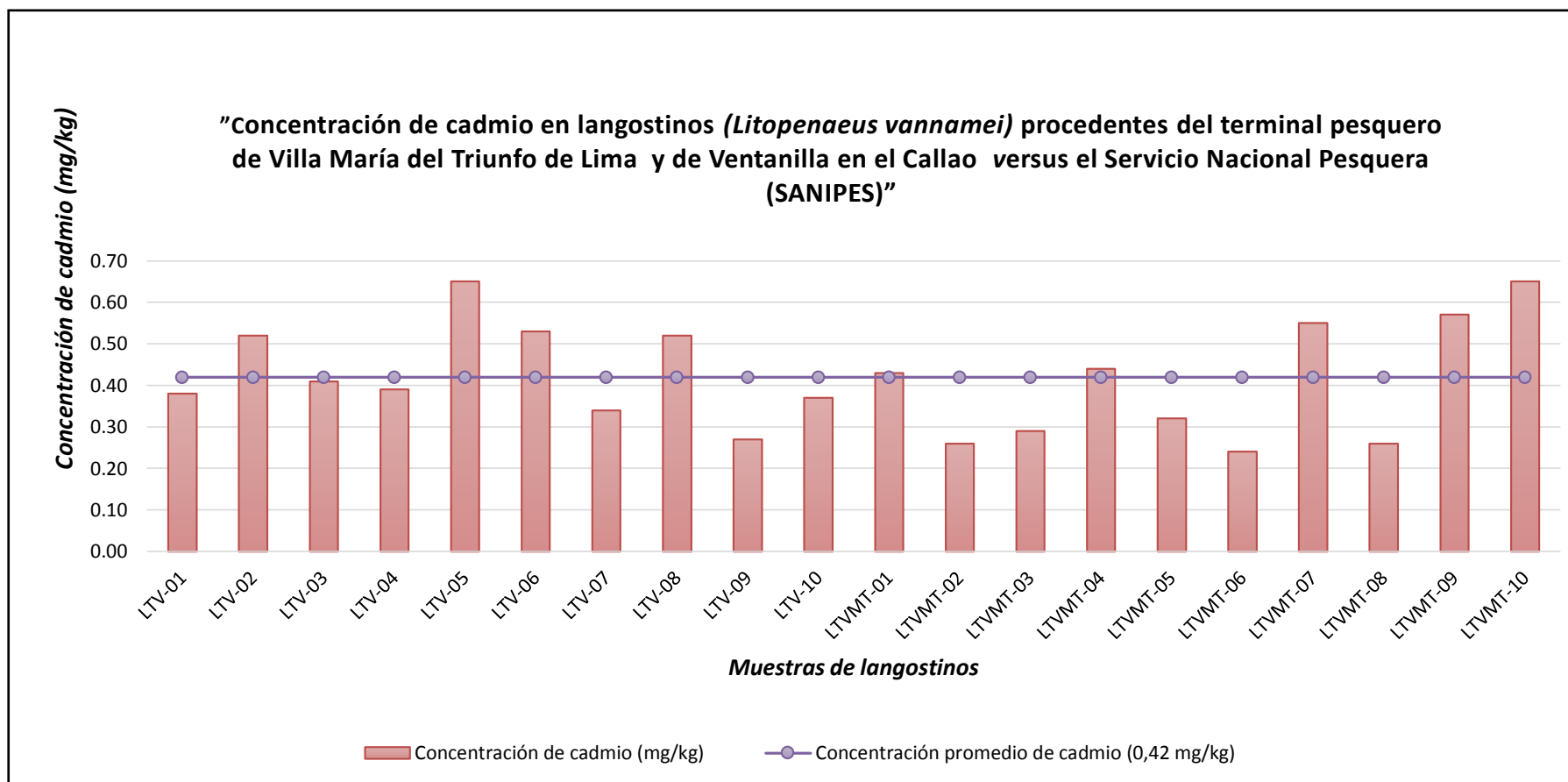
**Interpretación:** En la figura N°7 se observa que el 45% de las muestras de langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao supera la concentración promedio de cadmio (0,42 mg/kg).

**CUADRO N° 3:** Concentración de cadmio en langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao versus el Servicio Nacional Pesquera (SANIPES).

Nº	Código	Concentración de cadmio (mg/kg)	Servicio Nacional Pesquera (mg/kg)
1	LTV-01	0,38	0,50
2	LTV-02	0,52	0,50
3	LTV-03	0,41	0,50
4	LTV-04	0,39	0,50
5	LTV-05	0,65	0,50
6	LTV-06	0,53	0,50
7	LTV-07	0,34	0,50
8	LTV-08	0,52	0,50
9	LTV-09	0,27	0,50
10	LTV-10	0,37	0,50
11	LTVMT-01	0,43	0,50
12	LTVMT-02	0,26	0,50
13	LTVMT-03	0,29	0,50
14	LTVMT-04	0,44	0,50
15	LTVMT-05	0,32	0,50
16	LTVMT-06	0,24	0,50
17	LTVMT-07	0,55	0,50
18	LTVMT-08	0,26	0,50
19	LTVMT-09	0,57	0,50
20	LTVMT-10	0,65	0,50

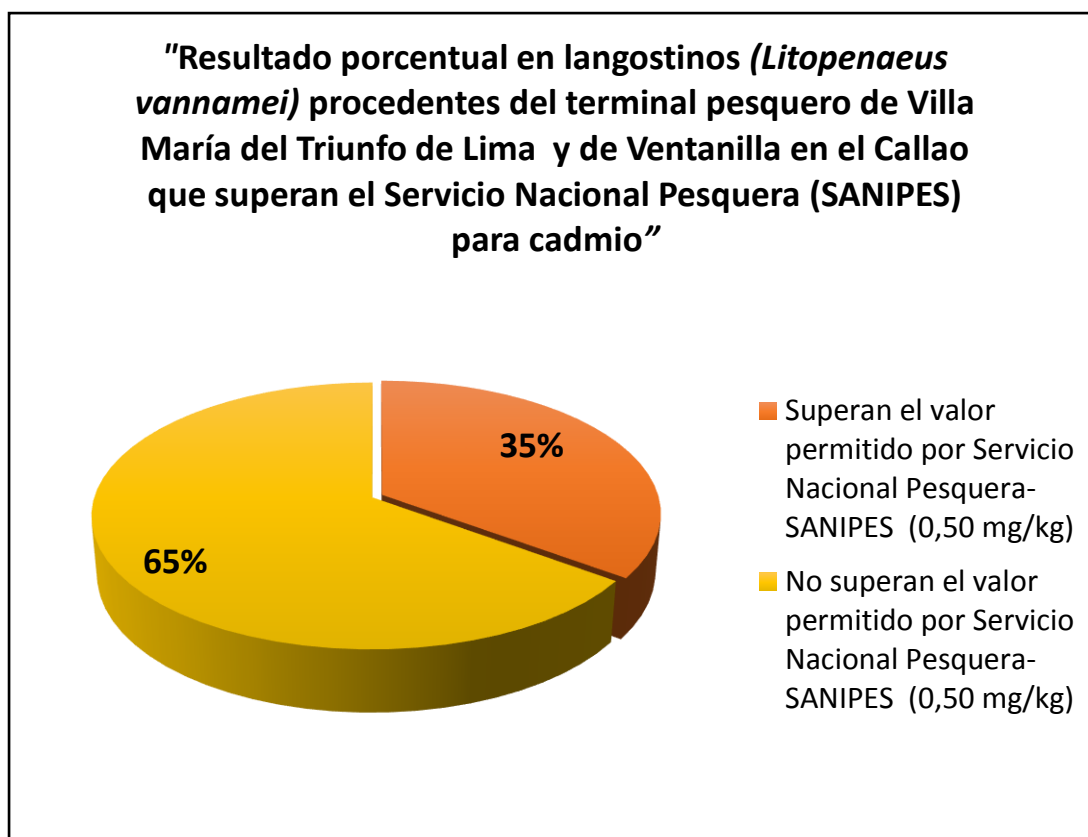
**Interpretación:** En el cuadro N° 3 se observa los valores de cadmio hallados en langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao versus el Servicio Nacional Pesquera (SANIPES= 0,50 mg/kg).

FIGURA 8



**Interpretación:** En la figura N°8 se observa los valores de cadmio hallados en langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao versus el Servicio Nacional Pesquera (SANIPES= 0,50 mg/kg).

**FIGURA 9**



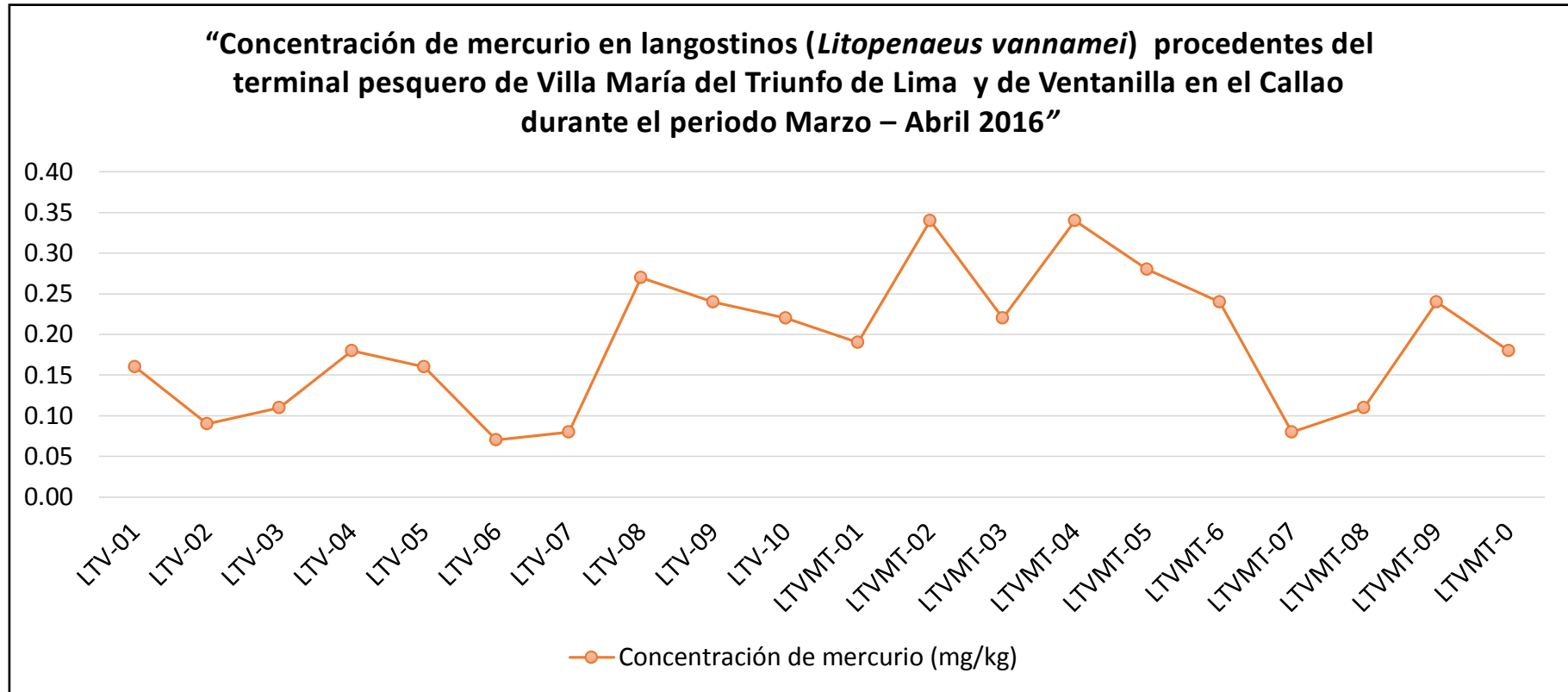
**Interpretación:** En la figura N°9 se observa que el 35% de las muestras de langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero supera el valor permitido por el Servicio Nacional Pesquera de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao (SANIPES) para cadmio (0,50 mg/kg).

**CUADRO N° 4:** Concentración de mercurio en langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao durante el periodo Marzo - Abril 2016

Nº	Código	Concentración de mercurio (mg/kg)
1	LTV-01	0,16
2	LTV-02	0,09
3	LTV-03	0,11
4	LTV-04	0,18
5	LTV-05	0,16
6	LTV-06	0,07
7	LTV-07	0,08
8	LTV-08	0,27
9	LTV-09	0,24
10	LTV-10	0,22
11	LTVMT-01	0,19
12	LTVMT- 02	0,34
13	LTVMT- 03	0,22
14	LTVMT-04	0,34
15	LTVMT-05	0,28
16	LTVMT -06	0,24
17	LTVMT-07	0,08
18	LTVMT-08	0,11
19	LTVMT-09	0,24
20	LTVMT- 10	0,18

**Interpretación:** En el cuadro N°4 se observa los valores de mercurio hallados en langostino (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao durante el periodo Marzo-Abril 2016.

FIGURA 10



**Interpretación:** En la figura N°10 se observa los valores de mercurio hallados en langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao durante el periodo Marzo-Abril 2016.

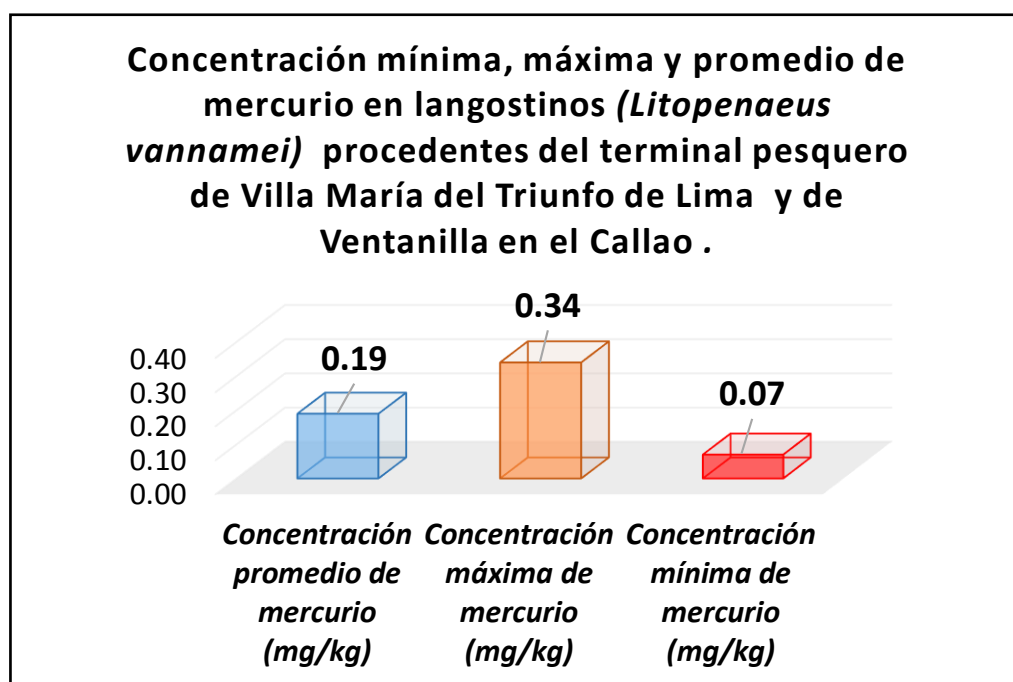


**CUADRO 5:** Datos estadísticos de la concentración de mercurio en langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao durante el periodo Marzo-Abril 2016.

DATO ESTADÍSTICO		Concentración de mercurio (mg/kg) (n=20)
Parámetros de Centralización	Mediana	0,19
	Promedio (Media aritmética)	0,19
Parámetros de Dispersión	Rango	0,27
	Desviación Estándar	0,08
	Valor Máximo	0,34
	Valor Mínimo	0,07

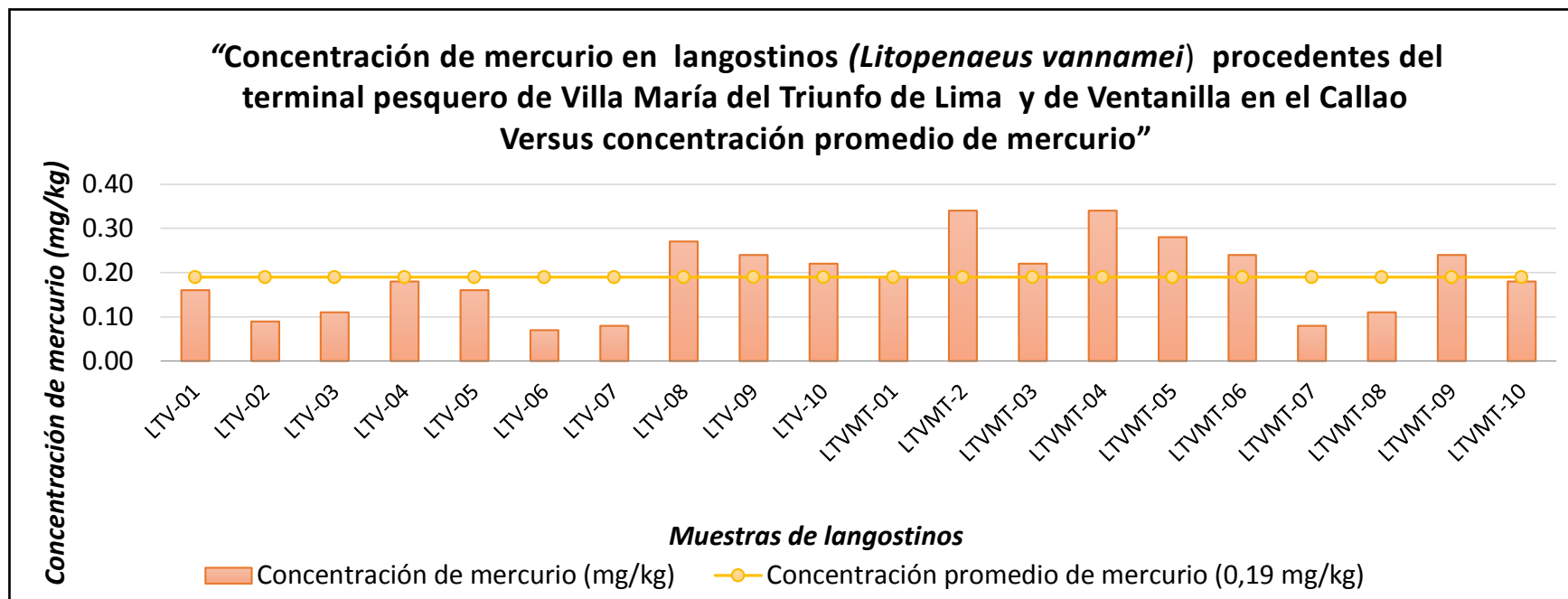
**Interpretación:** En el cuadro N°5 se observa los valores hallados para mercurio en langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao. Se determinó que la concentración promedio es 0,19 mg/kg, valor máximo obtenido 0,34 mg/kg, valor mínimo es 0,07 mg/kg por lo que el rango es 0,27 que nos indica que sus valores están dispersos.

FIGURA 11



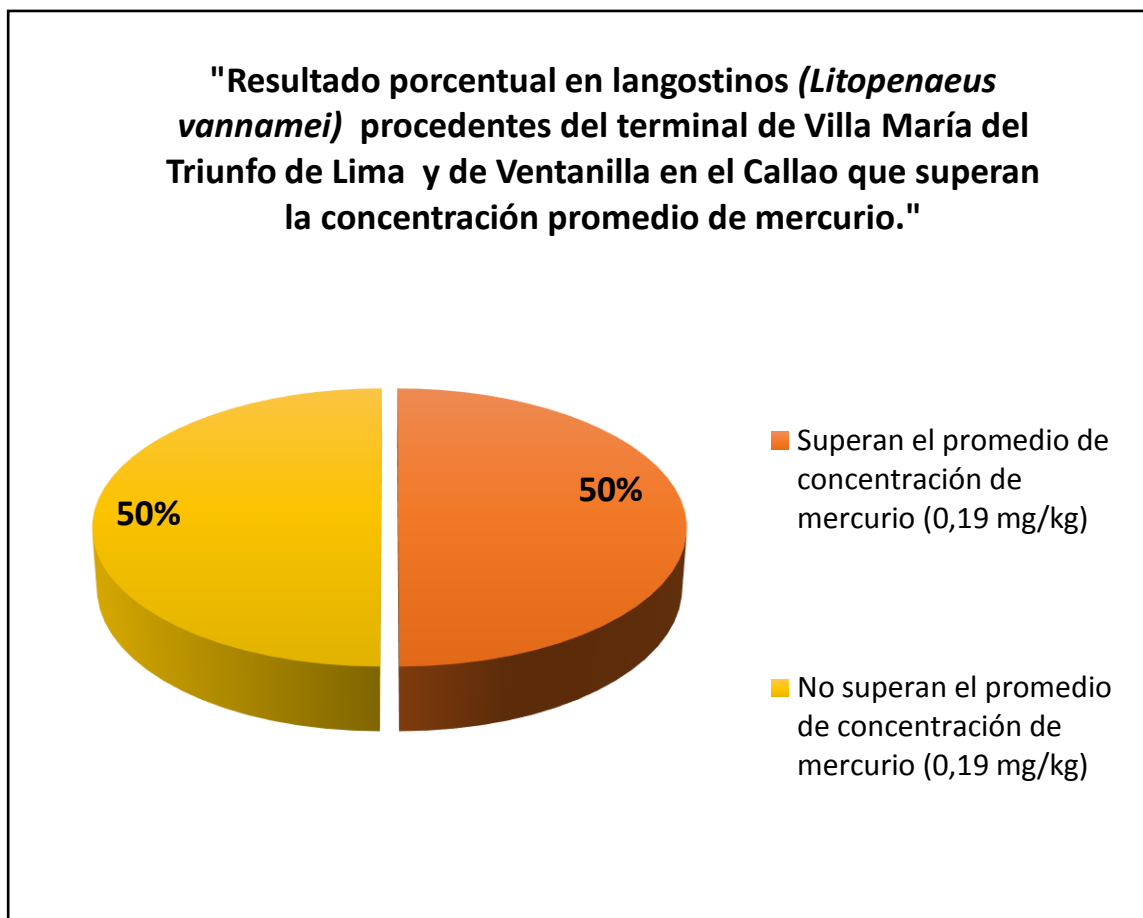
**Interpretación:** En la figura N°11 se observa la concentración promedio es 0,19 mg/kg, el valor máximo obtenido es 0,34 mg/kg, y el valor mínimo es 0,07 mg/kg para mercurio en langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao.

FIGURA 12



**Interpretación:** En la figura N°12 se observa las concentraciones de mercurio en langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao versus la concentración promedio es 0,19 mg/kg.

FIGURA 13



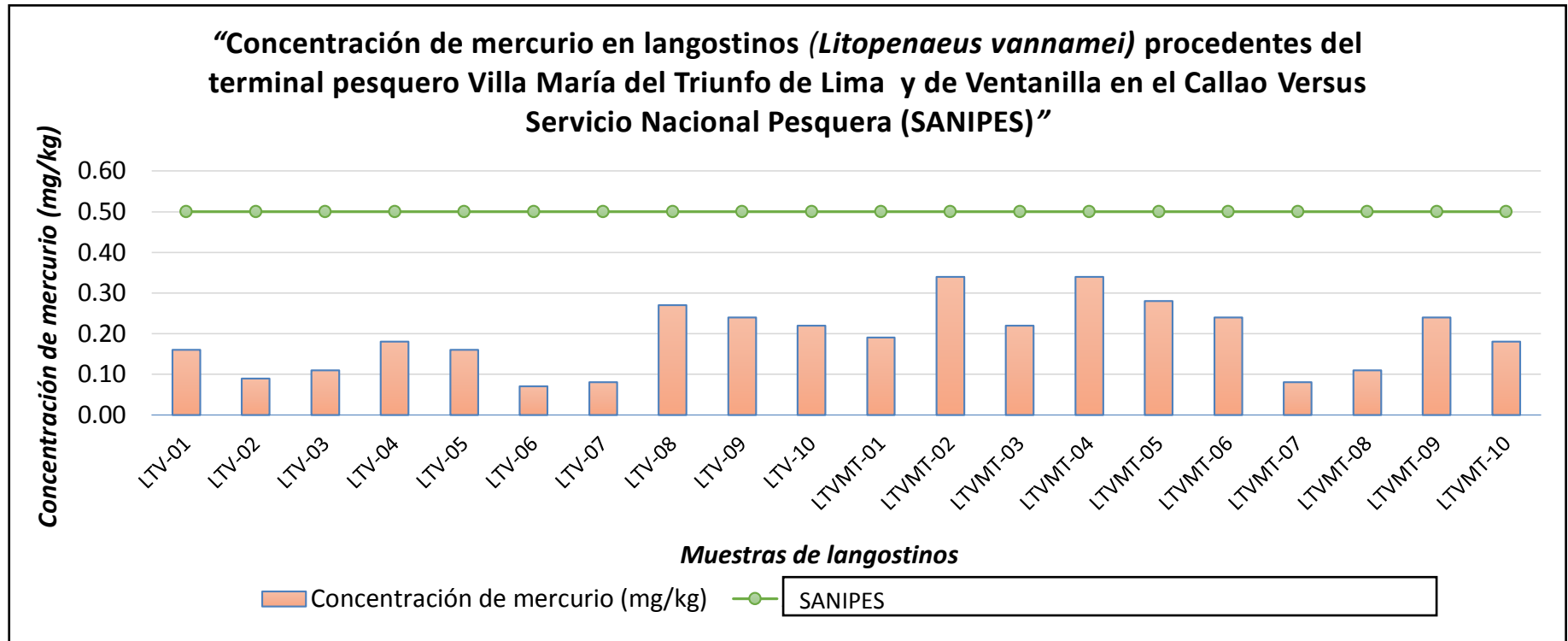
**Interpretación:** En la figura N°13 se observa que el 50% de las muestras de langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao supera la concentración promedio de mercurio es (0,19 mg/kg).

**CUADRO N° 6:** Concentración de mercurio en langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal Pesquero Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao versus el Servicio Nacional Pesquera (SANIPES)

<b>Nº</b>	<b>Código</b>	<b>Concentración de mercurio (mg/kg)</b>	<b>Servicio Nacional Pesquera (SANIPES) (mg/kg)</b>
1	LTV-01	0,16	0,50
2	LTV-02	0,09	0,50
3	LTV-03	0,11	0,50
4	LTV-04	0,18	0,50
5	LTV-05	0,16	0,50
6	LTV-06	0,07	0,50
7	LTV-07	0,08	0,50
8	LTV-08	0,27	0,50
9	LTV-09	0,24	0,50
10	LTV-10	0,22	0,50
11	LTVMT-01	0,19	0,50
12	LTVMT -02	0,34	0,50
13	LTVMT -03	0,22	0,50
14	LTVMT -04	0,34	0,50
15	LTVMT -05	0,28	0,50
16	LTVMT -06	0,24	0,50
17	LTVMT -07	0,08	0,50
18	LTVMT -08	0,11	0,50
19	LTVMT -09	0,24	0,50
20	LTVMT -10	0,18	0,50

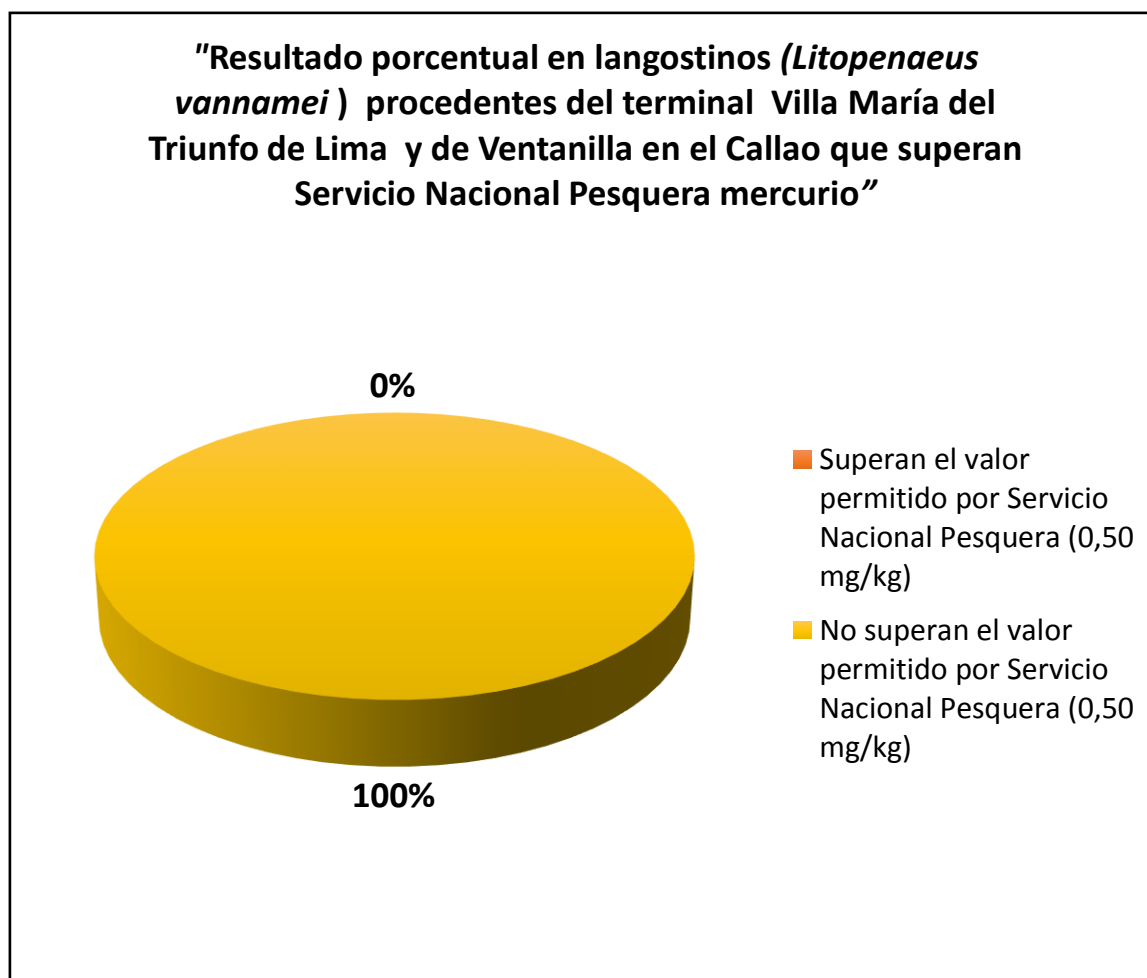
**Interpretación:** En el cuadro N° 6 se observa los valores de mercurio hallados en langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao versus el Servicio Nacional Pesquera (SANIPES).

FIGURA 14



**Interpretación:** En la figura N°14 se observa los valores de cadmio hallados en langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao versus el Servicio Nacional Pesquera (0,50 mg/kg).

**FIGURA 15**



**Interpretación:** En la figura N° 15 se observa que el 100% de las muestras de langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao no supera el valor permitido por el Servicio Nacional Pesquera de cadmio (0,50 mg/kg).

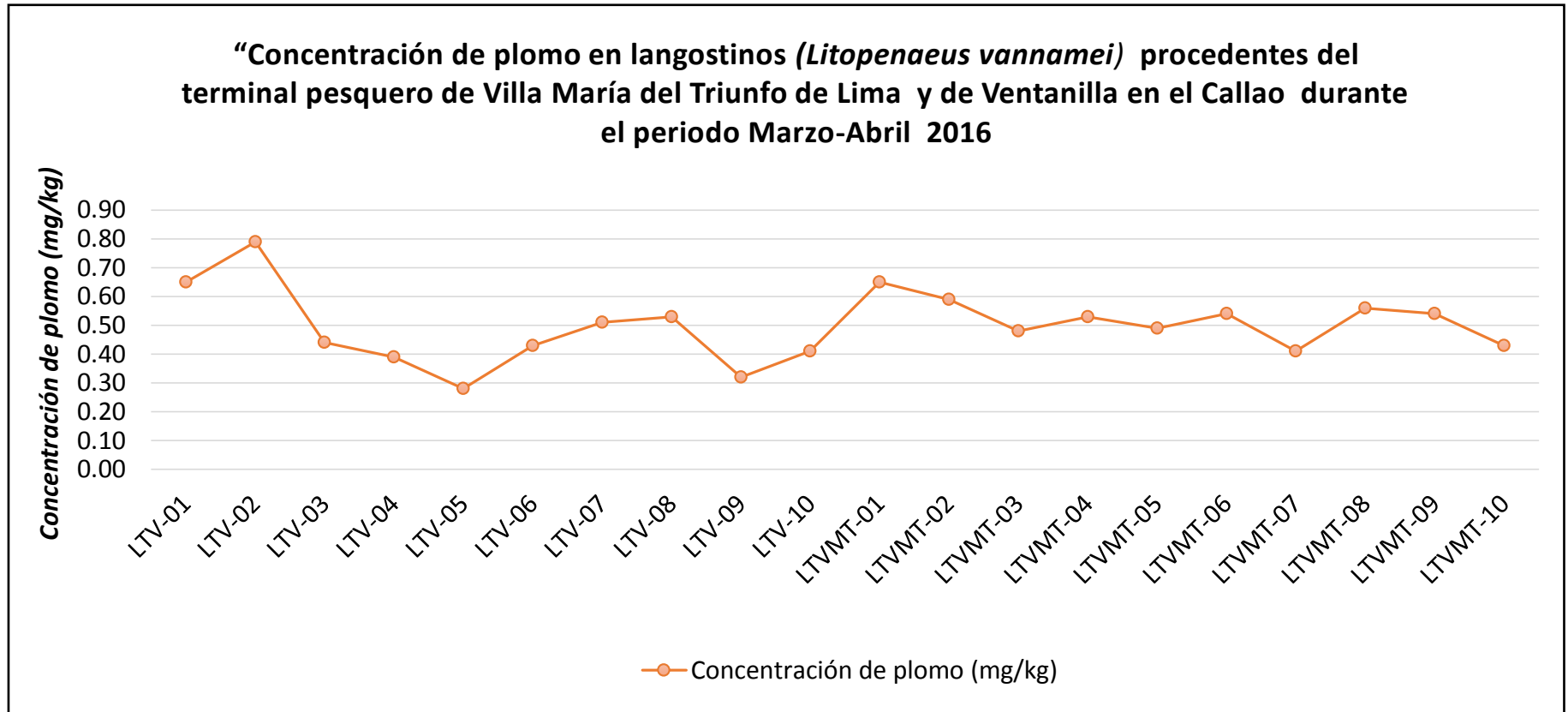
**CUADRO N° 7:** Concentración de plomo en langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao durante el periodo Marzo –abril 2016.

<b>N°</b>	<b>Código</b>	<b>Concentración de plomo (mg/kg)</b>
1	LTV-01	0,65
2	LTV-02	0,79
3	LTV-03	0,44
4	LTV-04	0,39
5	LTV-05	0,28
6	LTV-06	0,43
7	LTV-07	0,51
8	LTV-08	0,53
9	LTV-09	0,32
10	LTV-10	0,41
11	LTVMT-01	0,65
12	LTVMT-02	0,59
13	LTVMT -03	0,48
14	LTVMT -04	0,53
15	LTVMT -05	0,49
16	LTVMT -06	0,54
17	LTVMT -07	0,41
18	LTVMT -08	0,56
19	LTVMT -09	0,54
20	LTVMT -10	0,43

**Interpretación:** En el cuadro N°7 se observa los valores de plomo hallados en langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero Villa María del Triunfo en Lima y de Ventanilla en el Callao durante el periodo Marzo-Abril 2016.



FIGURA 16



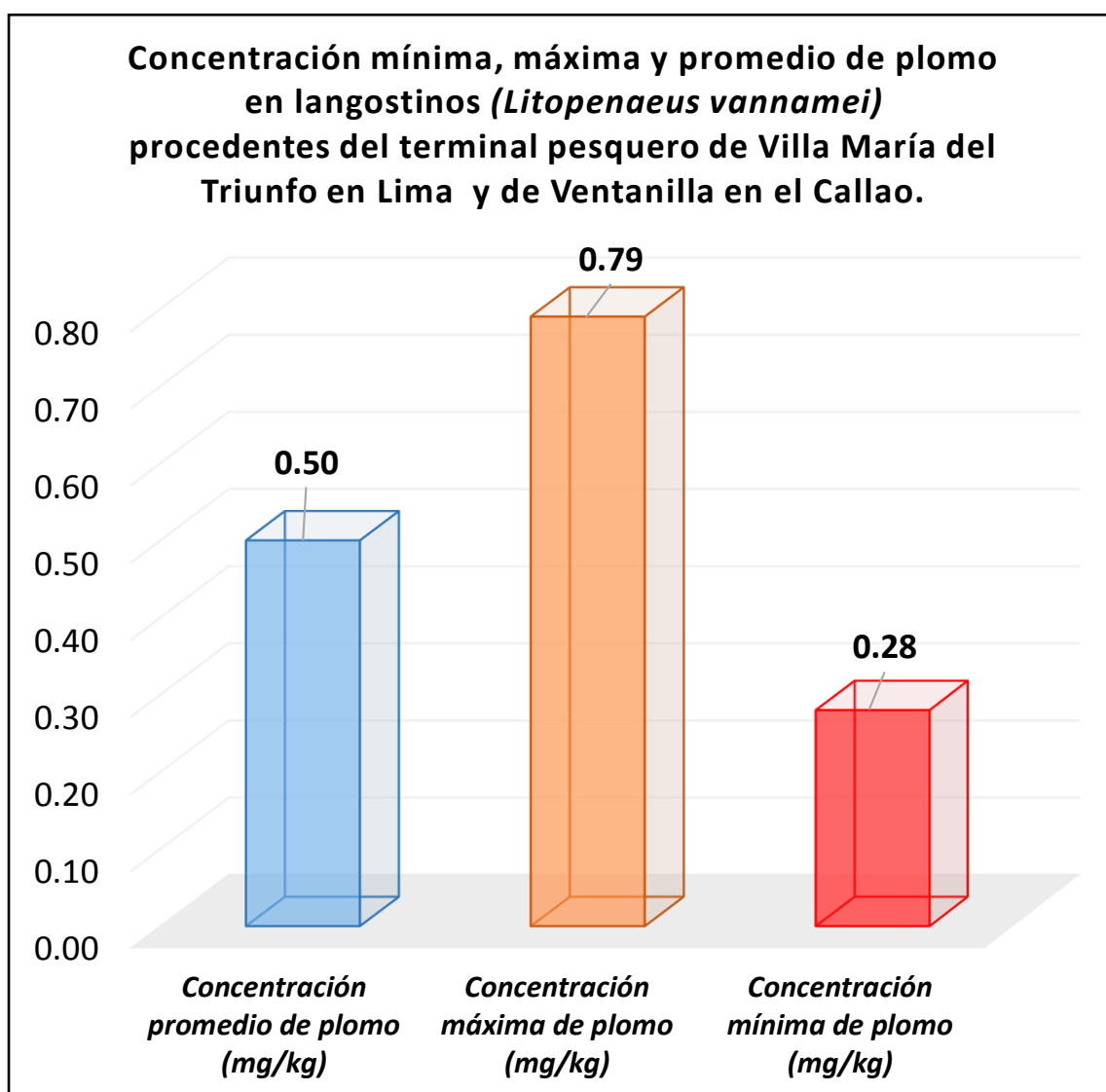
**Interpretación:** En la figura N°16 se observa los valores de plomo hallados en langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao durante el periodo Marzo-Abril 2016.

**CUADRO N° 8:** Datos estadísticos de la concentración de plomo en langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao durante el periodo Marzo-Abril 2016.

<b>DATO ESTADÍSTICO</b>		<b>Concentración de plomo (mg/kg) (n=20)</b>
<b>Parámetros de Centralización</b>	Mediana	0,50
	Promedio (Media aritmética)	0,50
<b>Parámetros de Dispersión</b>	Rango	0,51
	Desviación Estándar	0,12
	Valor Máximo	0,79
	Valor Mínimo	0,28

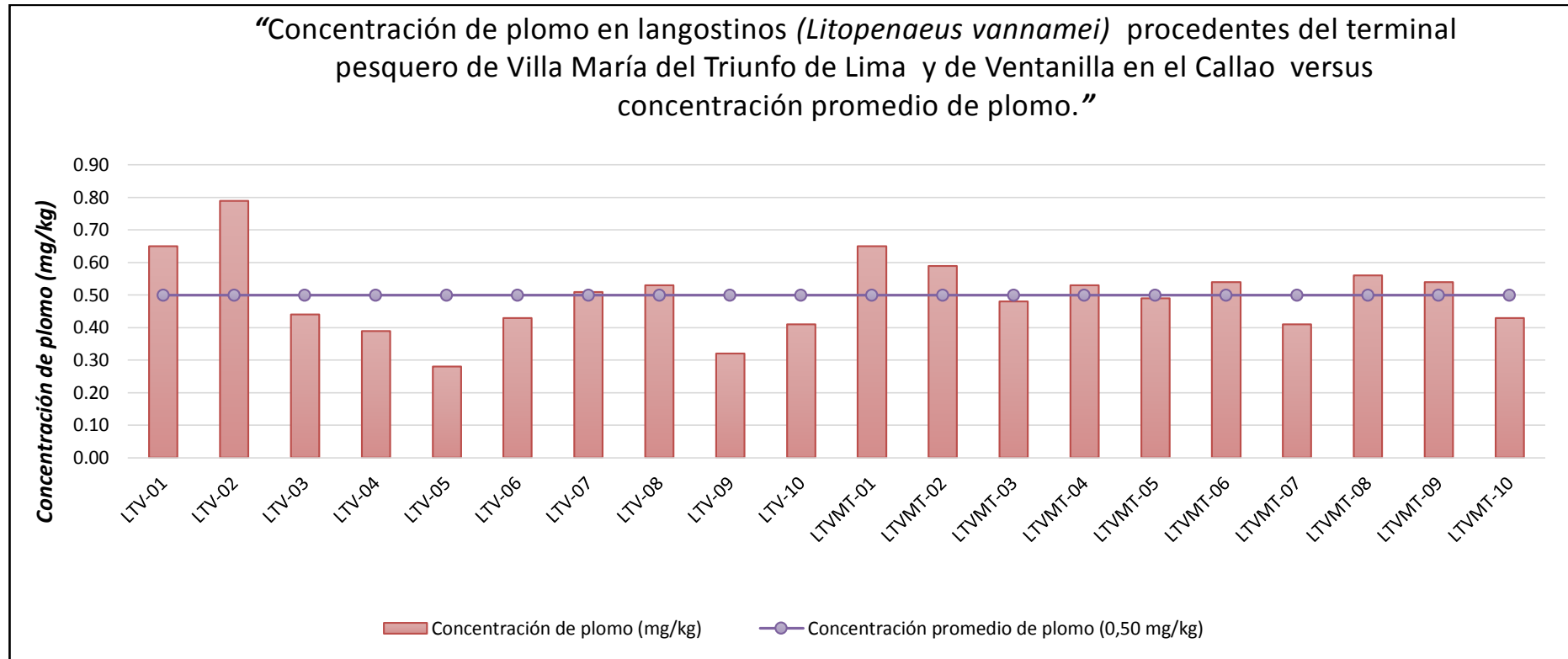
**Interpretación:** En el cuadro N° 8 se observa los valores hallados para plomo en langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao. Se determinó que la concentración promedio es 0,50 mg/kg, el valor máximo obtenido es 0,79 mg/kg, y el valor mínimo es 0,28 mg/kg por lo que el rango es 0,51 mg/kg que nos indica que sus valores están dispersos.

**FIGURA 17**



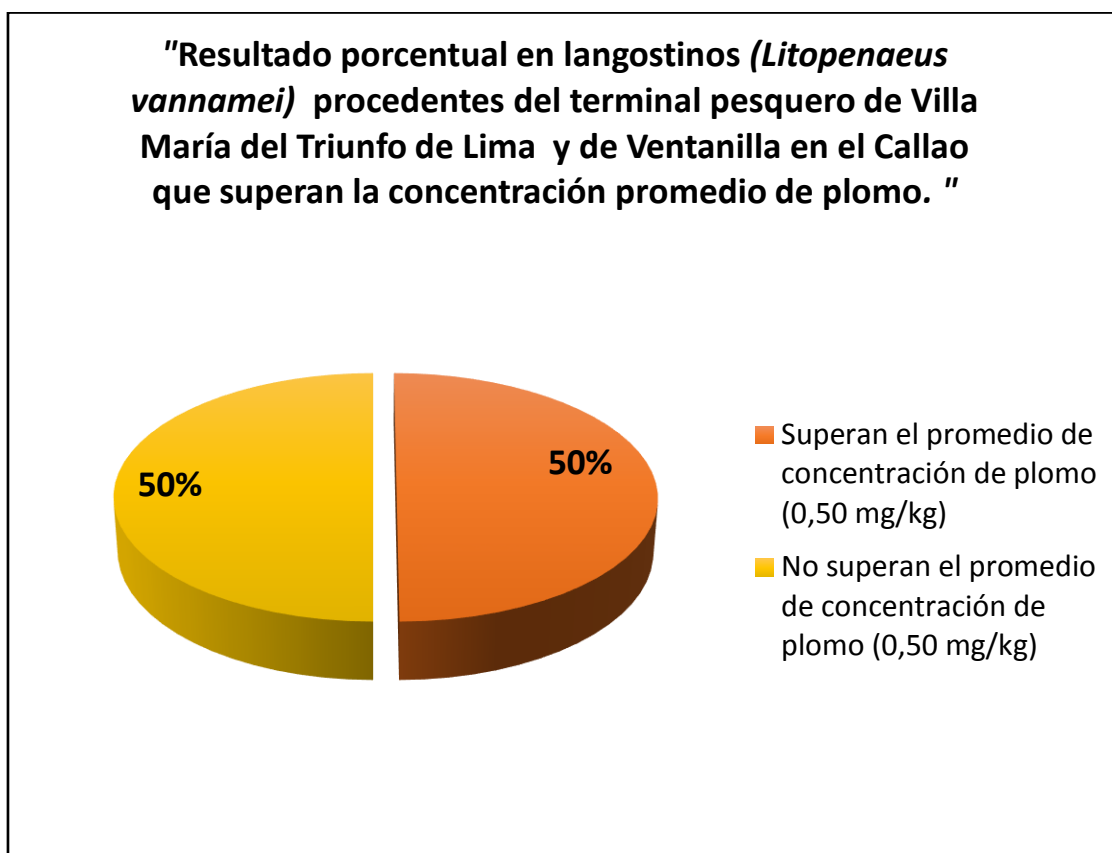
**Interpretación:** En la figura N° 17 se observa la concentración promedio es 0,50 mg/kg, el valor máximo obtenido 0,79 mg/kg y el valor mínimo es 0,28 mg/kg para en plomo en langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao.

**FIGURA 18**



**Interpretación:** En la figura N° 18 se observa las concentraciones de plomo en langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao versus la concentración promedio 0,50 mg/kg.

FIGURA 19



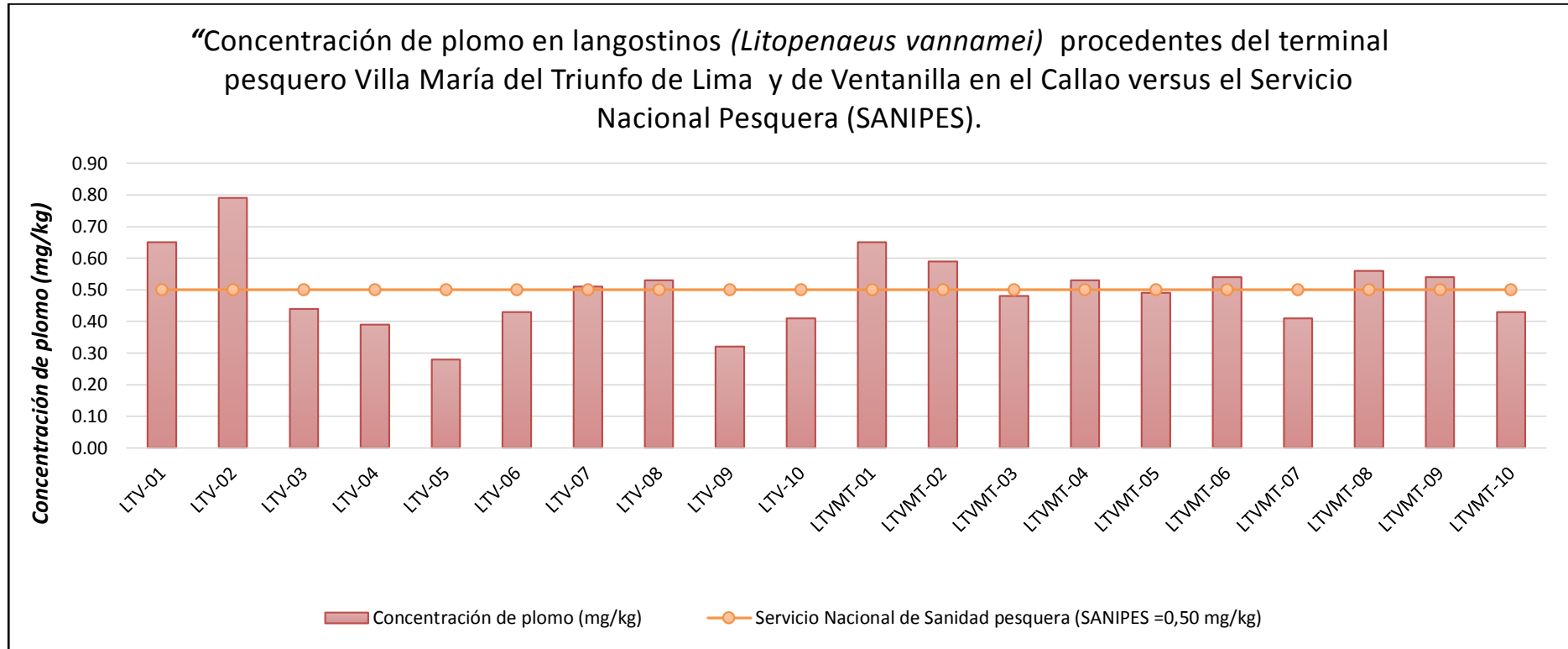
**Interpretación:** En la figura N° 19 se observa que el 50% de las muestras de langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao supera la concentración promedio de plomo (0,50 mg/kg).

**CUADRO N° 9:** Concentración de plomo en langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao Versus el Servicio Nacional Pesquera (SANIPES).

<b>Nº</b>	<b>Código</b>	<b>Concentración de plomo (mg/kg)</b>	<b>Servicio Nacional Pesquera (mg/kg)</b>
1	LTV-01	0,65	0,50
2	LTV-02	0,79	0,50
3	LTV-03	0,44	0,50
4	LTV-04	0,39	0,50
5	LTV-05	0,28	0,50
6	LTV-06	0,43	0,50
7	LTV-07	0,51	0,50
8	LTV-08	0,53	0,50
9	LTV-09	0,32	0,50
10	LTV-10	0,41	0,50
11	LTVMT-01	0,65	0,50
12	LTVMT-02	0,59	0,50
13	LTVMT-03	0,48	0,50
14	LTVMT-04	0,53	0,50
15	LTVMT-05	0,49	0,50
16	LTVMT-06	0,54	0,50
17	LTVMT-07	0,41	0,50
18	LTVMT-08	0,56	0,50
19	LTVMT-09	0,54	0,50
20	LTVMT-10	0,43	0,50

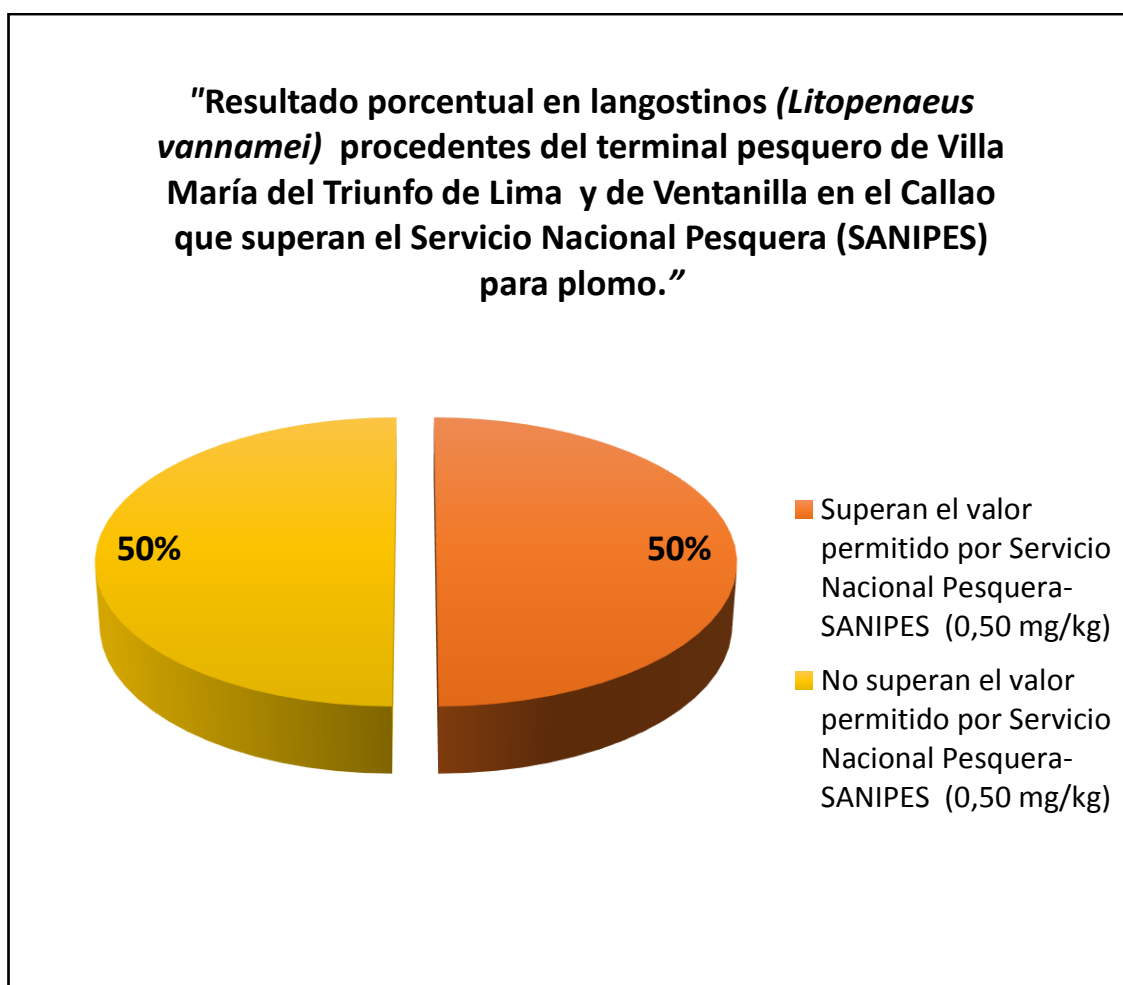
**Interpretación:** En el cuadro N° 9 se observa los valores de plomo hallados en langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao versus el Servicio Nacional Pesquera (SANIPES= 0,50 mg/kg).

**FIGURA 20**



**Interpretación:** En la figura N° 20 se observa los valores de plomo hallados en langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao versus el Servicio Nacional Pesquera (SANIPES= 0,50 mg/kg).

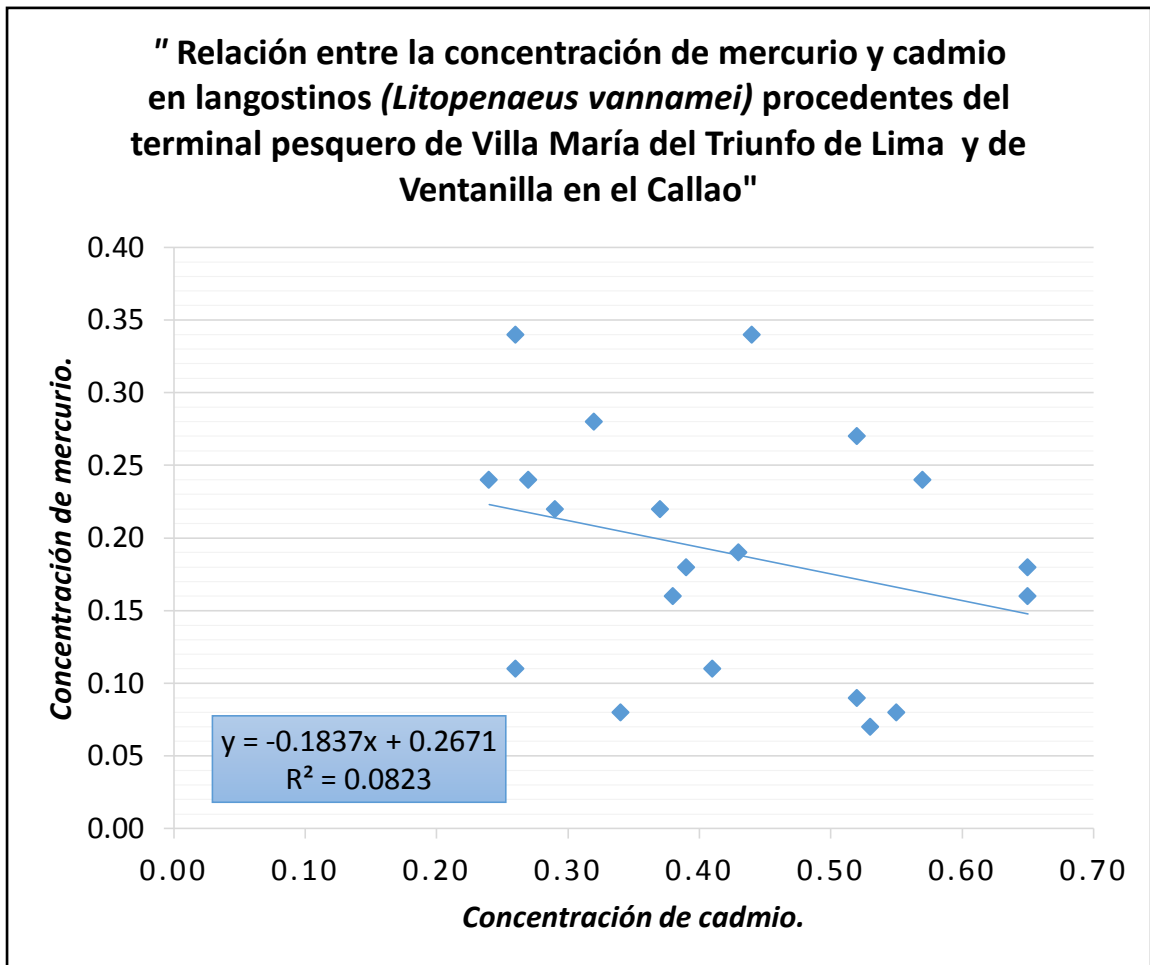
**FIGURA 21**



**Interpretación:** En la figura N° 21 se observa que el 50% de las muestras de langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao supera el valor permitido por el Servicio Nacional Pesquera (SANIPES) para plomo (0,50 mg/kg).



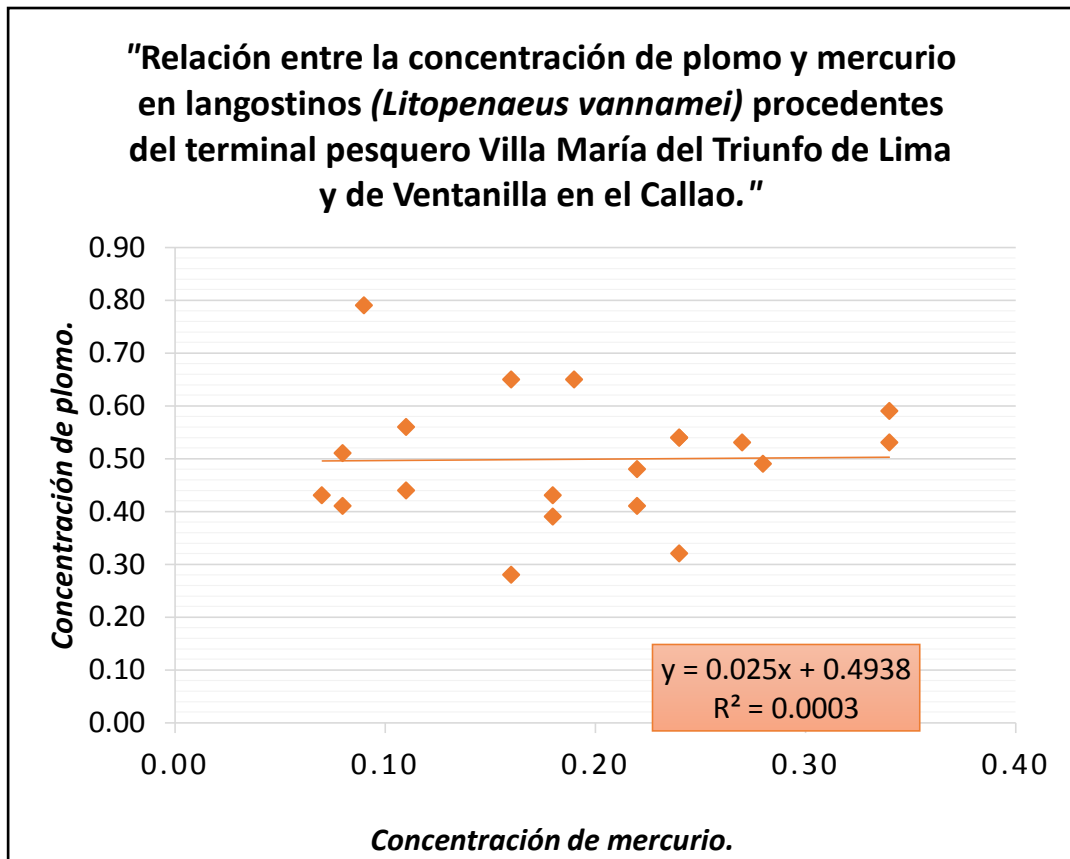
FIGURA 22



Coefficiente de correlación de Pearson = - 0,29

**Interpretación:** En la figura N° 22 se observa el coeficiente de correlación de Pearson que es -0,29, lo que demuestra que no existe relación entre la concentración de cadmio y mercurio en los langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao.

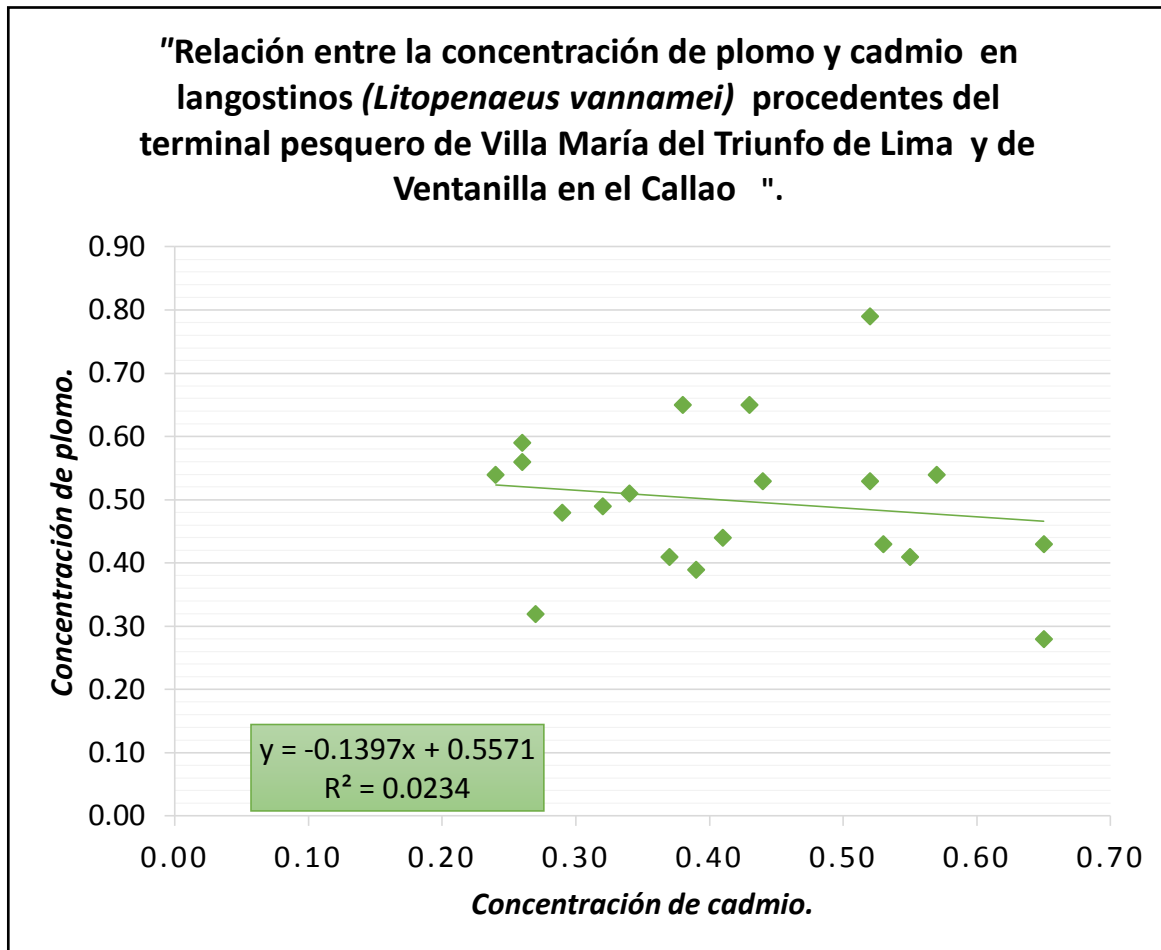
FIGURA 23



Coefficiente de correlación de Pearson = 0,02

**Interpretación:** En la figura N° 23 se observa el coeficiente de correlación de Pearson que es 0,02, demuestra que no existe relación entre la concentración de plomo y mercurio en los langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao.

FIGURA 24



Coefficiente de correlación de Pearson= - 0,15

**Interpretación:** En la figura N° 24 se observa el coeficiente de correlación de Pearson que es -0,15, el demuestra que no existe relación entre la concentración de cadmio y plomo en los langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao.

## VI. DISCUSIÓN

En el presente trabajo se determinó la concentración de cadmio, mercurio y plomo en langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao en el periodo Marzo-Abril 2016, se tomaron 10 unidades de Villa María del Triunfo y 10 unidades de Ventanilla, determinándose los metales ya mencionados por el método de espectrometría de absorción atómica.

En el cuadro N° 2 se detalla que la concentración promedio de cadmio es 0,42mg/kg, con valores extremos de 0,65 mg/kg y 0,24 mg/kg. En la figura N° 9 se indica que el 35% de la muestra sobrepasa los límites máximos permisibles (LMP) establecidos por el Organismo Nacional de Sanidad Pesquera, que es de 0,50mg/kg.

En el cuadro N° 5 se observa que la concentración promedio de Mercurio es 0,19 mg/kg, con valores extremos de 0,34 mg/kg y 0,07 mg/kg; observamos en la figura N°15 que el 100% de la muestra no sobrepasa los límites máximos permisibles (LMP) establecidos por el Servicio Nacional Pesquera que es de 0,50 mg/kg.

El cuadro N° 8 indica que la concentración promedio de plomo es de 0,50 mg/kg, con valores extremos de 0,79 mg/kg y 0,28 mg/kg; en la figura N° 21 el 50 % de la muestra sobrepasa los límites máximos permisibles (LMP) establecidos por el Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (SANIPES), que es de 0,50 mg/kg.

Al igual que el plomo el valor del cadmio también es significativo y las consecuencias de riesgo ocasionan principalmente lesiones renales, hepáticas y pulmonares.

Los resultados son similares al estudio en Oaxaca, México en el cual se analizó langostinos de género *Macrobrachium rosenbergii* encontrándose que las concentraciones de plomo son más altas que la del cadmio.

De lo que se infiere la necesidad de un mayor control sanitario, para evitar las consecuencias de riesgo que son neurológicas, afectando también a nivel renal y pulmonar por toxicidad de plomo.

El nivel de plomo y cadmio en langostinos posiblemente pueden deberse a la presencia de residuos de los centros mineros y que luego llegan al litoral peruano.

## CONCLUSIÓN

- ✓ Se determinó la presencia de plomo y cadmio en las muestras de langostinos (*Litopenaeus vannamei*), hallándose que las muestras de langostinos presentan una concentración promedio de 0,50 mg/kg de plomo, con cifras extremas de un máximo de 0,79 mg/kg y mínimo de 0,28 mg/kg y una concentración promedio de 0,42 mg/kg de cadmio, con un máximo de 0,65 mg/kg y mínimo de 0,24 mg/kg.
- ✓ Se determinó la concentración de mercurio, con un promedio de 0,19 mg/kg, con cifras extremas de un máximo de 0,34 mg/kg y mínimo de 0,07 mg/kg en muestras de langostinos.
- ✓ De las muestras analizadas el 50 % superan los límites máximos permisibles (LMP) de plomo según las normas dadas por el Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (SANIPES) que es de 0,50 mg/kg.
- ✓ El 35% de las muestras sobrepasa el valor máximo permitido para cadmio (0,50 mg/kg) según las normas de establecidos por el Organismo Nacional de Sanidad Pesquera. (SANIPES).
- ✓ El 100% de las muestras no superan los Límites Máximos Permisibles (LMP) de mercurio de 0,50 mg/kg según las normas de dadas por Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (SANIPES).

- ✓ No existe relación en cuanto a la presencia de plomo, mercurio y cadmio en langostinos procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo en Lima y de Ventanilla en el Callao, ya que la correlación de Pearson es un número negativo en todos los casos.

## RECOMENDACIONES

- ✚ Incentivar la realización de nuevos estudios en langostinos (*Litopenaeus vannamei*) para poder tener nuevos valores y así poder comparar, a la vez monitorizar estos productos de primera necesidad.
- ✚ Informar a los pescadores y consumidores el peligro que representan la presencia de estos metales pesados para la salud.
- ✚ Incentivar la creación de una norma técnica exclusiva para langostinos y no de los crustáceos en general.
- ✚ Dar a conocer los resultados de la presencia de plomo y cadmio a las autoridades pertinentes para que realicen las medidas preventivas correspondientes.



## BIBLIOGRAFIA

1. Castañé P. Influencia de la especiación de los metales pesados en medio acuático como determinante de su toxicidad. Rev. Toxicol. 2013; 5(1)13-18.
2. Torres H L, Camilo T S. Determinación de Cadmio, Plomo y Mercurio mediante Espectro fotometría de Absorción Atómica (EAA) en las estructuras calcáreas del coral *Diploria clivosa*, del Sotavento de la isla de Barú (Caribe Colombiano). Rev. Ingeni (sf). pág. 49-53.
3. González EM, Bodas PA, Rubio HM, Martel CN, Trasobares IE, Ordóñez IJ, et al. Efectos sobre la salud del metilmercurio en niños y adultos; estudios nacionales e internacionales. NutrHosp. 2014;30(5):989-1007.
4. Camacho M. Bioconcentración y toxicidad de metales en el langostino *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). Instituto de Ecología, Universidad del Mar. Ciudad Universitaria, Puerto Ángel, Oaxaca, México. Rev. Toxicol. (2007) 24: 14-17.
5. 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. Revisada el Abril del 2010. p.13-14.
6. Friederike P. Heavy metals in crustaceans from the Iberian deep sea plain. Sca. Mar. 2006 June 70(2):271-279.
7. Javaher M. Determination of heavy metals and trace elements in the muscles of marine shrimp, *Fenneropenaeus Merguensis* from persian gulf, Iran. The Journal of Animal & Plant Sciences, 2013, 23(3): 786-791 ISSN: 1018-7081.
8. Boerema L. Provisional note on shrimp assessment and management Documento presentado al Government consultation on shrimp resources in the

- CICAR area. Caracas, Venezuela, 23–28 September, 1974. Roma, FAO, FIR: SR/WP 12–3:13 p.
9. Méndez M. Claves de identificación y distribución de los langostinos y camarones (Crustacea: Decápoda) de mar y ríos de la costa del Perú. Bol. Inst. Mar Perú. 1981. Vol 5. Callao – Perú. 170 pp.
  10. García S, Le Reste L. Ciclos vitales, dinámica, explotación y ordenación de las poblaciones de camarones peneidos costeros. 1986 FAO Doc.Tec.Pesca, (203):180 p.
  11. ICTIO.TERM. Base de datos terminológicos y de identificación de especies pesqueras de las costas de Andalucía. Disponible en:  
<http://www.ictioterm.es/index.php>.
  12. Reglamento (CE) N° 1881/2006, de 19 de diciembre de 2006, por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. Internet. 2006. May. (citado el 10 de May 2017). Disponible en:  
<http://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2006/1881/oj>
  13. Seoáñez M (Director). Manual de Contaminación Marina y Restauración del Litoral. 565 páginas. Ediciones Mundi – Prensa. Madrid. 2000.
  14. Kjellstrom T, Nordberg GF. Kineticmodel of cadmium metabolism. En: Fridberg L, Elinder CG, Kellstrom T, Nordberg GF, Eds. Cadmium and Health, A Toxicological and Epidemiological Appraisal. Vol I, Boca Raton, FL: CRC Press. 1985: 179–97.
  15. González E. Toxicocinética y evaluación de riesgos para la salud producidos por exposición a cadmio. Medicina y Seguridad del Trabajo. 1988. XXXV: 3-17.
  16. WHO. Environmental Health Criteria 134, Cadmium, Geneva: WHO. 1992. Italia. Internet. Disponible en:  
<https://annhyg.oxfordjournals.org/content/37/3/341.full.pdf>

17. Ramírez A. Toxicología del cadmio. Conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos. 2002. ISSN 1025 – 5583. Vol. 63, Nº 1. Págs. 51 – 64.
18. Nogawa K y cols. Pulmonary and gastrointestinal exposure to cadmium oxide dust in a battery factory. Environ Health Perspect. 1989.
19. Cano, S. Estudio sobre correlación de valores de mercurio en ambiente y fluidos biológicos con la aparición de sintomatología clínica en trabajadores de Minas de Almadén. Servicio Médico – Minas de Almadén y Arrayanes. S.A.1990.
20. Weinber, J. Introducción a la Contaminación por mercurio para las ONG. Red Internacional de Eliminación de los Contaminantes Orgánicos Persistentes (IPEN). 2007.
21. Hurtado, G. Determinación de mercurio total en hígado y músculo de tiburones provenientes de las pesqueras de Sonora y Sinaloa, México. Universidad de Sonora. 2010.
22. Oyarzún L. Estudio de Dieta Total: Estimación de la Ingesta de Mercurio en la Población Valdiviana. Universidad Austral de Chile. Escuela de Ingeniería en Alimentos. 2008.
23. Burriel Martí. «Química analítica de los cationes: Plomo». Química analítica cualitativa (18ª edición edición). Thomson. 2006pp. 426–435.
24. Lead environmental aspects. Geneva, World Health Organization. Environmental Health Criteria, No. 85.1989.
25. Fichas sustancias indeseables alimentación animal plomo. ELIKA (Fundación Vasca para la Seguridad Agroalimentaria).2008.
26. Real Decreto 465/2003, de 25 de abril, sobre las sustancias indeseables en la alimentación animal. [Fecha de acceso 20 de Abril de 2016]. Disponible en: <http://www.boe.es/boe/dias/2003/04/29/pdfs/A16485-16493.pdf>.

27. Valdivia M. Intoxicación por plomo. Rev. Soc. Per. Med. Inter. [Internet]. [Fecha de acceso 21 de enero de 2015]; 18(1):22-27. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rspm/v18n1/a05v18n1.pdf>.
28. Poma PA. Intoxicación por plomo en humanos. Anales de la Facultad de Medicina. 2008 [Internet] [Fecha de acceso 21 de enero de 2017]; 69 (2):120-126. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/afm/v69n2/a11v69n2.pdf>.
29. Espectroscopia de emisión y absorción atómica. Vol. 7 pág. 7.1-7.7. [Fecha de acceso 26 de enero de 2015], URL disponible en: <http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/8252/4/T7Abasorc.pdf>.
30. Espectroscopia atómica-El Principio analítico- Merck Millipore. [Internet]. [Fecha de acceso 23 de enero de 2017]. Disponible en: [http://www.merckmillipore.es/chemicals/the-analytical-principle/c\\_K2eb.s1OFCYAAAE dye1RbT2M?CountryName=Spain](http://www.merckmillipore.es/chemicals/the-analytical-principle/c_K2eb.s1OFCYAAAE dye1RbT2M?CountryName=Spain)
31. Skoog, D.A. James; Holler F. James; Principios de análisis Instrumental. McGraw-Hill. Instrumental (pp. 219-239). 1998 [Consultado el 18 de enero del 2015.] Disponible en: [http://www.ancap.com.uy/docs\\_concursos/archivos/2%20llamados%20finalizados/ref%2022\\_2011%20tecnico%20laboratorio%20lubricantes/material%20de%20estudio/espectrometria.pdf](http://www.ancap.com.uy/docs_concursos/archivos/2%20llamados%20finalizados/ref%2022_2011%20tecnico%20laboratorio%20lubricantes/material%20de%20estudio/espectrometria.pdf).

## **ANEXO**







Entrada del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima



Puntos de ventas de langostinos





Terminal pesquero de Ventanilla en el Callao





Peso de langostinos (*Litopenaeus vannamei*)





Etapa juvenil de langostinos



Etapa adulta de langostino (*Litopenaeus vannamei*)