

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE INGENIERÍA QUÍMICA



INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN

**“CUANTIFICACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE
METALES PESADOS (Pb, Cd, Cu) POR
ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA
DE LOS PECES PELÁGIO DE LA BAHÍA DEL CALLAO”**

ING. MG. RICARDO RODRIGUEZ VILCHEZ

Callao, 2022

PERÚ

A handwritten signature in black ink, appearing to be "R. Vilchez", is located in the bottom right corner of the page.

[Handwritten signature]

DEDICATORIA

*A mis amados hijos Cindell, Joshua,
Arianna y Mathias.*

A handwritten signature in black ink, located in the bottom right corner of the page. The signature is stylized and appears to be the name of the author.

AGRADECIMIENTO

*Agradezco al Fondo Universitario de
Investigación de la Universidad
Nacional del Callao y a la Unidad de
Investigación de la Facultad de
Ingeniería Química por su apoyo para
realizar el presente trabajo de
investigación.*

A handwritten signature in black ink, located in the bottom right corner of the page. The signature is stylized and appears to be the name of the author.

ÍNDICE

ÍNDICE	1
ÍNDICE DE TABLAS	4
ÍNDICE DE FIGURAS	5
RESUMEN	6
ABSTRACT	7
INTRODUCCIÓN	8
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
1.1 Descripción de la realidad problemática.	9
1.2 Formulación del problema (problema general y específicos).	9
1.2.1 <i>Problema General</i>	9
1.2.2 <i>Problemas Específicos</i>	9
1.3 Objetivos (general y específicos).	9
1.3.1 <i>Objetivo General</i>	9
1.3.2 <i>Objetivos Específicos</i>	10
1.4 Limitantes de la investigación (teórico, temporal, espacial).	10
II. MARCO TEÓRICO	11
2.1 Antecedentes (internacional y nacional).	11
2.1.1 <i>Antecedentes Internacionales</i>	11
2.1.2 <i>Antecedentes Nacionales</i>	13
2.2 Bases teóricas	14
2.2.1 <i>Contaminación por metales pesados</i>	14
2.3 Conceptual	19
2.3.1 <i>Método de Espectrofotometría de Absorción Atómica</i>	19
2.4. Definición de términos básicos	24
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES	27
3.1 Hipótesis (general y específicas, de ser el caso).	27
3.1.1 <i>Hipótesis General</i>	27



3.1.2	<i>Hipótesis Específicas</i>	27
3.2.	Definición conceptual de variables.	27
3.2.1	<i>Operacionalización de variable</i>	27
IV.	DISEÑO METODOLÓGICO	29
4.1	Tipo y diseño de la investigación	29
4.1.1	<i>Por su finalidad</i>	29
4.1.2	<i>Por su diseño interpretativo</i>	29
4.1.3	<i>Por su énfasis de los datos manejados</i>	29
4.1.4	<i>Por el nivel de estudios</i>	29
4.2	Método de investigación	29
4.3	Población y muestra	30
4.3.1	<i>Población</i>	30
4.3.2	<i>Muestra</i>	30
4.4	Lugar de estudio y periodo desarrollado	31
4.5	Técnicas e instrumentos para la recolección de la información	33
4.6	Análisis y procesamiento de datos	34
V.	RESULTADOS	35
5.1	Resultados de las mediciones de campo	35
VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	39
6.1	Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados.	39
1.	<i>Niveles de Contaminación Marina</i>	39
2.	<i>Parámetros Físico – Químicos y Biológicos que determinan la calidad del agua marina</i>	39
3.	<i>Contenidos promedio de metales Pb, Cd, Cu en muestras pelágicas de la bahía del Callao, del estudio realizado</i>	40
6.2	Contrastación de los resultados con otros estudios similares.	40
6.3	Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes	41
	CONCLUSIONES	42
	RECOMENDACIONES	44
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
	ANEXOS	48

ANEXO 1 Matriz de Consistencia	49
ANEXO 2 Figuras de Absorción Atómica	50
ANEXO 3 Tratamiento de aguas potables y aguas servidas en ciudades de la Costa	54
ANEXO 4 Normas Nacionales y otros Instrumentos de Gestión Ambiental Internacional	57
ANEXO 5 Pesquería	63
ANEXO 6 Indicadores de contaminación del agua superficial marina y dulceacuícola	71
ANEXO 7 Fotografías de Peces Pelágio	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Movilidad relativa de los metales pesados según el Eh y pH del suelo</i>	17
Tabla 2	<i>Metales pesados: disponibilidad e incorporación en organismos</i>	18
Tabla 3	<i>Caracterización de las variables</i>	27
Tabla 4	<i>Especies pelágicas en las zonas estudiadas</i>	31
Tabla 5	<i>Períodos de Muestreo</i>	32
Tabla 6	<i>Monitoreo N° 1 – Fecha: 15/05/21 Plomo (Pb) $\mu\text{g/g}$</i>	35
Tabla 7	<i>Monitoreo N° 2 – Fecha: 15/05/21 Cadmio (Cd) $\mu\text{g/g}$</i>	35
Tabla 8	<i>Monitoreo N° 3 – Fecha: 15/05/21 Cobre (Cu) $\mu\text{g/g}$</i>	35
Tabla 9	<i>Monitoreo N° 4 – Fecha: 10/06/21 Plomo (Pb) $\mu\text{g/g}$</i>	36
Tabla 10	<i>Monitoreo N° 5 – Fecha: 10/06/21 Cadmio (Cd) $\mu\text{g/g}$</i>	36
Tabla 11	<i>Monitoreo N° 6 – Fecha: 10/06/21 Cobre (Cu) $\mu\text{g/g}$</i>	36
Tabla 12	<i>Monitoreo N° 7 – Fecha: 15/07/21 Plomo (Pb) $\mu\text{g/g}$</i>	36
Tabla 13	<i>Monitoreo N° 8 – Fecha: 15/07/21 Cadmio (Cd) $\mu\text{g/g}$</i>	37
Tabla 14	<i>Monitoreo N° 9 – Fecha: 15/07/21 Cobre (Cu) $\mu\text{g/g}$</i>	37
Tabla 15	<i>Monitoreo N° 10 – Fecha: 08/08/21 Plomo (Pb) $\mu\text{g/g}$</i>	37
Tabla 16	<i>Monitoreo N° 11 – Fecha: 08/08/21 Cadmio (Cd) $\mu\text{g/g}$</i>	38
Tabla 17	<i>Monitoreo N° 12 – Fecha: 08/08/21 Cobre (Cu) $\mu\text{g/g}$</i>	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Excitación y Decaimiento</i> _____	50
Figura 2. <i>Excitación y Emisión</i> _____	51
Figura 3. <i>Proceso de la Absorción Atómica</i> _____	51
Figura 4. <i>Emisión Atómica</i> _____	52
Figura 5. <i>Proceso de Absorción Atómica</i> _____	53
Figura 6. <i>Pejerrey (Odontesthes regia regia)</i> _____	75
Figura 7. <i>Lorna (Sciaena deliciosa)</i> _____	76
Figura 8. <i>Lisa (Mugil cephalus)</i> _____	77

RESUMEN

Los peces pelágico de la bahía del Callao presentan acumulación de metales pesados debido a su hábito alimenticio, estos representan un riesgo para la salud pública si son consumidos en grandes cantidades por la población del Callao. El objetivo de esta investigación fue la cuantificación de las concentraciones de metales pesados de plomo, cadmio y cobre en las especies lisa (*Mugil cephalus*), pejerrey (*Odontesthes regia regia*) y lorna (*Sciaena deliciosa*). Se muestrearon 4 ejemplares por especie en tres puntos de muestreo de la bahía del Callao.

La cuantificación se realizó con un espectrofotómetro de absorción atómica de llama aire – acetileno y convección de fondo deuterio, utilizando un equipo Perkin Elmer 3110 (EVA). Los patrones de calibración y los blancos recibieron el mismo tratamiento, previa digestión ácida y de la muestra de músculo e hígado y sedimento. Los resultados muestran que las tres especies, la mayor acumulación de los tres metales se presentó en el hígado, mientras que en el músculo se determinó concentraciones promedio de Cadmio de 1.62 $\mu\text{g/g}$ en lorna, 1.59 $\mu\text{g/g}$ pejerrey y 0.73 $\mu\text{g/g}$ en lisa. Así mismo se encontró concentraciones promedio de Plomo de 5.09 $\mu\text{g/g}$ en pejerrey; 0.61 $\mu\text{g/g}$ en lisa y 4.05 $\mu\text{g/g}$ en lorna. Además, concentraciones promedio de Cobre de 2.75 $\mu\text{g/g}$ lorna, 2.14 $\mu\text{g/g}$ en pejerrey y 2.44 $\mu\text{g/g}$ en lisa.

Se concluye que la mayor acumulación se presenta en el hígado, las tres especies acumulan cadmio y cobre en músculo, pejerrey y lorna acumulan plomo en músculo y la especie con mayor cantidad de cadmio y cobre en músculo es la lorna.

Palabras Claves: Peces pelágico, músculos, metales, bahía costeña.

ABSTRACT

The pelagic fish of the Callao bay present accumulation of heavy metals due to their eating habits, these represent a risk to public health if they are consumed in large quantities by the population of Callao. The objective of this research was the quantification of the concentrations of heavy metals of lead, cadmium and copper in the species lisa (*Mugil cephalus*), pejerrey (*Odontesthes regia regia*) and lorna (*Sciaena deliciosa*). Four specimens per species were sampled at three sampling points in the Callao bay.

The quantification was performed with an atomic absorption spectrophotometer with an air-acetylene flame and deuterium background convection, using a Perkin Elmer 3110 (EVA) equipment. The calibration standards and the blanks received the same treatment, after acid digestion and of the muscle and liver sample and sediment. The results show that the three species, the greatest accumulation of the three metals occurred in the liver, while in the muscle average concentrations of cadmium of 1.62 $\mu\text{g/g}$ in lorna, 1.59 $\mu\text{g/g}$ pejerrey and 0.73 $\mu\text{g/g}$ in lisa were determined. Likewise, average lead concentrations of 5.09 $\mu\text{g/g}$ were found in pejerrey; 0.61 $\mu\text{g/g}$ in smooth and 4.05 $\mu\text{g/g}$ in lorna. In addition, average copper concentrations of 2.75 $\mu\text{g/g}$ lorna, 2.14 $\mu\text{g/g}$ in pejerrey and 2.44 $\mu\text{g/g}$ in lisa.

It is concluded that the greatest accumulation occurs in the liver, the three species accumulate cadmium and copper in muscle, pejerrey and lorna accumulate lead in muscle and the species with the highest amount of cadmium and copper in muscle is lorna.

Keywords: Pelagic fish, muscles, metals, coastal bay.

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo, se quiere demostrar la presencia de elementos metálicos en las especies marinas procedentes de la bahía del Callao, cuyos alevines de las especies desovan en las orillas de los ríos Rímac y Chillón, para luego continuar su ciclo de vida en el mar abierto.

Las especies desovan de abril a junio, permitiéndose así la investigación en especies larvas, joven y adultos, en mercados de comercialización, terminal pesquero en Ventanilla y los que provienen del desembarcadero pesquero artesanal del Callao.

La presencia de actividades agrícolas, acuícolas. industriales y de ingeniería altera la calidad del agua y naturaleza de estos ecosistemas; las descargas de aguas residuales domésticas e industriales incorporan una contaminación adicional que ejercen una fuerte presión sobre las actividades pesqueras, teniendo un efecto significativo en la abundancia y estructura de la comunidad (Cabral y col., 2001).

Los metales pesados, en comparación con otros contaminantes, no son biodegradables y sufren un ciclo ecológico global en el cual las aguas naturales son las principales vías, siendo críticos los efectos negativos que ellos ejercen, causan graves daños en la salud a nivel celular dada su capacidad para desnaturalizar proteínas, ser asimilados por el fitoplancton y organismos filtradores e incorporados a la cadena alimenticia provocando graves alteraciones ecológicas y biológicas. no solo al ecosistema, sino a los humanos que consumen estos alimentos (Fuentes, 1998).

La motivación del presente trabajo radica en que, el Callao, es donde se comercializan los mayores volúmenes de especies marinas de diferentes variedades de presentación, se estudiará los niveles de concentración en las especies de mayor consumo popular y cuyo comportamiento de oferta permanece durante el año.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática.

El Perú, país considerado eminentemente pesquero, actividad económica primaria, la cual se relaciona con la extracción de especies marinas, de los cuales se obtienen beneficios, mediante las etapas que comprenden procesos pesqueros: extracción (comercial y no comercial); investigación; subsistencia, procesamiento (artesanal e industrial) y comercialización, donde cada una de las etapas causan diferentes impactos ambientales.

Algunos de los efectos que producen los elementos metálicos en los músculos, hígado, riñones y huesos de las especies y en la salud humana (consumo humano) que servirán para los estudios y tomar precauciones y controlar la toxicidad de estos elementos.

1.2 Formulación del problema (problema general y específicos).

1.2.1 Problema General

¿Se encontrarán concentraciones de metales pesados Pb, Cd y Cu en los peces pelágico en la bahía del Callao?

1.2.2 Problemas Específicos

¿De qué manera se relacionan los metales pesados Pb, Cd y Cu, y los peces pelágico de la bahía del Callao?

¿En qué parte de la anatomía de los peces pelágico se fijarán los metales pesados?

1.3 Objetivos (general y específicos).

1.3.1 Objetivo General

Cuantificar la concentración de metales pesados Pb, Cd y Cu en los peces pelágico según su talla.

1.3.2 Objetivos Específicos

Comparar la relación entre los metales pesados Pb, Cd y Cu de los peces pelágico en los años 2020-2021.

Determinar en qué parte de la anatomía de los peces pelágico se fijarán los metales pesados.

1.4 Limitantes de la investigación (teórico, temporal, espacial).

Teórica

La ineficiente información que tratan el tema de investigación, será necesario contar con el estudio de la presencia de elementos por instituciones como el Instituto del Mar del Perú, que dan a conocer información sobre técnicas como pruebas ecotoxicológicas, usando postlarvas de las especies marinas por estudiar.

La toma de muestra y la determinación de los elementos presentes de las especies serán calendarizados de acuerdo con el cronograma de producción.

Temporal

Los limitantes temporales se presentan durante el desarrollo de la investigación, con la clasificación de las especies de estudio que están presentes en el comercio (mercado), y lugares de comercio a la comunidad de los distritos del Callao, información de la pesca de la especie en el terminal pesquero del Callao.

Espacial

En este ítem la comunidad del Callao, será el objeto de estudio, se ha seleccionado para el presente estudio bajo los criterios por existir compatibilidad con los objetivos de la investigación.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes (internacional y nacional).

2.1.1 Antecedentes Internacionales

Barros-Barríos, O., Doria Argumedo, C., y Marrugo Negrete, J. (2016). Metales pesados (Pb, Cd, Ni, Zn, Hg) en tejidos de *Lutjanus synagris* y *Lutjanus vivanus* de la Costa de La Guajira, Norte de Colombia. *Veterinaria y Zootecnia*, 10 (2), 45-52.

Teniendo como objetivo, determinar la influencia contaminante de metales pesados provenientes de fuentes, antrópicas, sobre la biota marina de las costas de la Guajira.

Como procedimiento, se analizó por espectrofotometría de absorción atómica el contenido de plomo, cadmio, níquel, zinc y mercurio, en sedimento en hígado y riñón en peces de la especie *Lutjanis*, para detectar posibles impactos en el ecosistema.

En conclusión, se encontró que, en los sedimentos, las concentraciones medias de metales oscilaron: Pb (54.61 – 123-94 $\mu\text{g}/\text{kg}$), Cd (0.98 – 2.84 $\mu\text{g}/\text{kg}$), Ni (80 – 1220 $\mu\text{g}/\text{kg}$), Zn (250 – 630 $\mu\text{g}/\text{kg}$) y Hg (0.15 – 0.27 $\mu\text{g}/\text{kg}$), en los tejidos orgánicos se detectó la presencia de metales pesados en concentraciones de Pb (65 $\mu\text{g}/\text{kg}$), Cd (5.1 $\mu\text{g}/\text{kg}$), Ni (2500 $\mu\text{g}/\text{kg}$), Zn (2450 $\mu\text{g}/\text{kg}$) y Hg (49 $\mu\text{g}/\text{kg}$).

Reyes, Y. C., Vergara, I., Torres, O. E., Díaz-Lagos, M., & González, E. E. (2016). Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Revista Ingeniería Investigación y Desarrollo*, 16 (2). 66 – 77.

Tiene como objetivo, determinar la probable toxicidad de los productos alimenticios realizando análisis de metales pesados y elementos trazas.

Como procedimiento para la detección de metales pesados se usó la técnica de la espectrofotometría de absorción atómica. El ingreso de los metales pesados al cuerpo humano se da por vía respiratorio intestinal y en algunos casos menores por vía cutánea.

La ingesta de alimentos y el consumo de agua contaminada permiten que los metales pesados ingresen al cuerpo humano y luego sean absorbidos por el duodeno. El cadmio se adhiere a las proteínas son degradados por el jugo gástrico en el estómago liberando el metal para que este pueda ser absorbido por el intestino. El plomo tiene capacidad de bioacumularse de manera que a lo largo de la cadena alimentaria su concentración se magnifica.

Se concluye, que se han logrado hallar con concentraciones de plomo en productos agrícolas como papa 2500 ($\mu\text{g}/\text{kg}$), haba 12240 ($\mu\text{g}/\text{kg}$), cebolla 25400 ($\mu\text{g}/\text{kg}$), maíz 25400 ($\mu\text{g}/\text{kg}$), harina (trigo) 213 ($\mu\text{g}/\text{kg}$).

Senior, W., Cornejo-Rodriguez, M. H., Tobar, J., Ramirez Muñoz, M. R. & Marquez A. (2016). Metales pesados (cadmio, plomo, mercurio) y arsénico, en pescados congelados de elevado consumo en el Ecuador. *Zootecnia Trop.* 34 (2). 143 - 153

El objetivo es el estudio preliminar sobre el contenido de Cd, Pb, Hg y As en muestras de filetes de pescado congelado de elevado consumo en el Ecuador.

Como procedimiento, las muestras se colocan en placa Petri, rotuladas y se secaron en estufa a 70°C por 48 a 72 horas, se molieron con mortero de cuarzo y el polvo se colocó en envases plásticos, previa lavada con HNO_3 al 10%.

Se tomó 0.5 g de tejido seco y triturado, al que se agregó una mezcla 3:2:1 de ácidos nítrico, clorhídrico y perclórico, para extraer los contenidos totales de los metales traza colocándose sobre plancha de calefacción y baño de arena a 70°C durante 2 horas, luego todas las muestras fueron filtradas con agua desionizada, se enrazó a 25 ml en balones aforados, las concentraciones de los metales estudiados fueron determinados utilizando un espectrofotómetro de absorción atómica.

Se concluye, según los datos obtenidos, el arsénico presentó la mayor concentración en el músculo de pescado, seguido de mercurio, plomo y cadmio.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

Chanamé Zapata, F.C. (2009) *Bioacumulación de metales pesados procedentes de la contaminación minera y metalúrgica en tejidos de *oncorhynchus mykiss* “trucha arco iris” de los centros de producción de la provincia de Yauli Junín*. [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de Trujillo]. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/5400>

Se encuentra como objetivo el determinar la bioacumulación de metales pesados procedentes de la contaminación minera y metalúrgica en tejidos de trucha arco iris.

Como procedimiento para el análisis de metales pesados en hígado, riñón y músculo de las truchas, se colectaron truchas de los centros de producción, las cuales fueron transportadas al laboratorio, se procedió a separar los órganos y el músculo dorsal, pesándose 10 g de muestra de cada tejido en cápsula, después se calcinaron a 500°C por 3 horas, se disolvió las cenizas con una mezcla de ácido nítrico al 6% y ácido clorhídrico al 3% en una porción de 1:1, se filtró y se aforó en un matraz aforado de 100 ml con ácido nítrico al 1%. La determinación cuantitativa de metales pesados se realizó por el método de espectrofotometría de absorción atómica.

Se concluye que, la mayor bioacumulación de metales pesados en los tejidos de las truchas de los centros de producción de Yauli – Junín, ocurre en hígado y riñón y es mucho menor en músculo.

Los metales bioacumulables en el hígado son el hierro, zinc, cobre y plomo, en el riñón es el hierro, zinc, plomo y cobre y en el músculo el que más se bioacumula es el zinc, hierro, plomo y cobre.

Jacinto, M. E. & Aguilar, S. (2013) Concentraciones traza de metales en especies marinas de la bahía de Huarmey, Ancash, Perú. *Revista Peruana de Biología* 14 (2). 307 – 311.

Se tiene como objetivo, determinar la concentración traza de cadmio, cobre, plomo y zinc, en músculos y vísceras de caracol, cangrejo peludo, cabrilla, el choro, la lapa y el chitón, colectados en la bahía de Huarmey, Ancash, Perú.

Como procedimiento, los órganos seleccionados fueron liofilizados y sometidos a digestión ácida según método LEM USA 1994 y analizados por espectrofotometría de absorción atómica.

Se concluye que las concentraciones halladas no superaron los estándares internacionales de contenido metálico en organismos marinos. La variabilidad del contenido metálico estaría condicionada por una variedad de mecanismos internos y externos.

El plomo y cadmio se encontró principalmente en las vísceras mientras que el cobre y el zinc se fijó en mayor concentración en el músculo.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Contaminación por metales pesados

- **Factores que afectan su acumulación y disponibilidad**

La toxicidad de un agente contaminante no sólo va a depender de sí mismo, sino que las características del agua donde se encuentre van a ser decisivas. La sensibilidad de las aguas a la agresión de los agentes contaminantes va a ser muy distinto dependiendo de una serie de características edáficas.

- **pH**

Es un factor esencial. La mayoría de los metales tienden a estar más disponibles a pH ácido, excepto As, Mo, Se y Cr, los cuales tienden a estar más disponibles a pH alcalino.

El pH, es un parámetro importante para definir la movilidad del catión, debido a que en medios de pH moderadamente alto se produce la precipitación como hidróxidos.

En medios muy alcalinos, pueden nuevamente pasar a la solución como hidroxicomplejos.

Por otra parte, algunos metales pueden estar en la disolución de las aguas como aniones solubles. Tal es el caso de los siguientes metales: Se, V, As, Cr.

La adsorción de los metales pesados está fuertemente condicionada por el pH del suelo (por tanto, también su solubilidad).

- **Textura**

La arcilla tiende a adsorber a los metales pesados, que quedan retenidos en sus posiciones de cambio. Por el contrario, los suelos arenosos carecen de capacidad de fijación de los metales pesados, los cuales pasan rápidamente al subsuelo y pueden contaminar los niveles freáticos.

- **Estructura**

Favorece la entrada e infiltración de la contaminación de metales pesados en el suelo.

- **Mineralogía de las arcillas**

Cada especie mineral tiene unos determinados valores de superficie específica y descompensación eléctrica. Ambas características son las responsables del poder de adsorción de estos minerales.

La capacidad de cambio de cationes es mínima para los minerales del grupo de la caolinita, baja para las micas, alta para las esmectitas y máxima para las vermiculitas.

- **Materia Orgánica**

Reacciona con los metales formando complejos de cambio y quelatos. Los metales una vez que forman quelatos o complejos pueden migrar con mayor facilidad a lo largo del perfil.

La materia orgánica puede adsorber tan fuertemente a algunos metales, como es el Cu, que pueden quedar en posición no disponible por las plantas. Por eso algunas plantas, de suelos orgánicos, presentan carencia de ciertos elementos como el Cu. El Pb y el Zn forman quelatos solubles muy estables.

La complejación por la materia orgánica del suelo es una de los procesos que gobiernan la solubilidad y la bioasimilación de metales pesados. La toxicidad de los metales pesados se potencia en gran medida por su fuerte tendencia a formar complejos organometálicos, lo que facilita su solubilidad, disponibilidad y dispersión.

La estabilidad de muchos de estos complejos frente a la degradación por los organismos del suelo es una causa muy importante de la persistencia de la toxicidad. Pero también la presencia de abundantes quelatos puede reducir la concentración de otros iones tóxicos en la solución del suelo.

La estabilidad de los complejos tiende a seguir la siguiente secuencia: Cu > Fe > Mn = Co > Zn

- **Capacidad de cambio**

Es función del contenido de arcilla y materia orgánica, fundamentalmente. En general cuanto mayor sea la capacidad de intercambio catiónico, mayor será la capacidad del suelo de fijar metales. El poder de adsorción de los distintos metales pesados depende de su valencia y del radio iónico hidratado; a mayor tamaño y menor valencia, menos fuertemente quedan retenidos.

- **Condiciones rédox**

El potencial de oxidación-reducción es responsable de que el metal se encuentre en estado oxidado o reducido. Los diagramas Eh-pH se utilizan para mostrar la estabilidad de compuestos de metales pesados y proporciona un método fácil para predecir el comportamiento de los metales pesados frente a un de cambio en las condiciones ambientales.

- i) Cambio directo en la valencia de ciertos metales; por ejemplo, en condiciones reductoras el Fe^{3+} se transforma en Fe^{2+} , los iones reducidos son mucho más solubles.
- ii) En segundo lugar, las condiciones rédox pueden afectar indirectamente la movilidad de metales. Así muchos metales están asociados o adsorbidos a hidróxidos de Fe y Mn, estos no son estables a Eh bajos y se convierten en FeS o FeCO_3 dependiendo de las condiciones químicas, cuando esto ocurre los metales que estaban asociados con los hidróxidos de Fe y Mn se movilizan.

En ambientes muy reductores el Fe se puede combinar con el S_2^- hasta convertirse en pirita. Cuando los suelos y sedimentos contienen cantidades significantes de pirita y aumenta el Eh (creación de condiciones más oxidantes) el S_2^- se oxida a $\text{SO}_4^{=}$ liberando cantidades de H_2SO_4 , el suelo se acidifica fuertemente y los metales se hacen muy solubles.

La fase estable dominante es PbCO_3 , que se hace más inestable si las condiciones ambientales son más ácidas. El PbCO_3 tiene un elevado producto de solubilidad y cuando este mineral se encuentra en aguas

superficiales, se observan altas concentraciones de Pb. Por otra parte, cuando el azufre es abundante se forman los compuestos indicados en el diagrama de la derecha. Bajo condiciones reductoras (bajo Eh) el PbS es la fase estable. El sulfuro de plomo se forma en estuarios y medios marinos donde los sulfatos se reducen a sulfuros que reaccionan con plomo para formar sulfuro de plomo (insoluble). Por tanto, condiciones ambientales que provoquen un aumento del potencial rédox, podrían originar la inestabilidad del sulfuro de plomo, con una subida de la concentración de plomo disuelto.

Muy ilustrativa es la tabla que Plant y Raiswell (1983) han desarrollado sobre la movilidad de los metales pesados y elementos asociados en función de las condiciones de pH y Eh. Walton (2005).

Tabla 1

Movilidad relativa de los metales pesados según el Eh y pH del suelo

Movilidad	Oxidante	Ácido	Neutro y alcalino	Reductor
Alta	Zn	Zn, Cu, Co, Ni, Hg, Ag, Au		
Media	Cu, Co, Ni, Hg, Ag, Au, Cd	Cd	Cd	
Baja	Pb	Pb	Pb	
Muy baja	Fe, Mn, Al, Sn, Pt, Cr, Zr	Al, Sn, Pt, Cr	Al, Sn, Cr, Zn, Cu, Co, Ni, Hg, Ag, Au	Zn, Cu, Co, Ni, Hg, Ag, Au, Cd, Pb

Fuente: Plant y Raiswell (1983)

- **Óxidos e hidróxidos de Fe y Mn**

Juegan un importante papel en la retención de los metales pesados. Tienen una alta capacidad de fijar a los metales pesados e inmovilizarlos. Además, estos compuestos se presentan finamente diseminados en la

masa del suelo por lo que son muy activos. Los suelos con altos contenidos de Fe y Mn tienen una gran capacidad de adsorber metales divalentes, especialmente Cu, Pb y en menor extensión Zn, Co, Cr, Mo y Ni.

- **Carbonatos**

La presencia de carbonatos garantiza el mantenimiento de altos valores de pH, en los que como ya hemos visto tienden a precipitar los metales pesados. El Cd, y otros metales, presenta una marcada tendencia a quedar adsorbido por los carbonatos.

- **Salinidad**

El aumento en salinidad puede incrementar la movilización de metales pesados por dos mecanismos.

Tabla 2

Metales pesados: disponibilidad e incorporación en organismos

Forma de retención en suelos	Disponibilidad relativa
Iones en solución del suelo	Fácilmente disponible
Ion en complejo de cambio	Relativamente disponibles pues estos metales, por su pequeño tamaño y altas cargas, quedan fuertemente adsorbidos
Metales quelados por compuestos orgánicos	Menos disponibles
Metal precipitado o coprecipitado	Disponible sólo si ocurre alguna alteración química
Incorporado a la matriz biológica	Disponible después de la descomposición
Metal en la estructura mineral	Disponible después de la meteorización

Fuente: Walton (2005)

Primero los cationes asociados con las sales (Na, K) pueden reemplazar a metales pesados en lugares de adsorción. En segundo lugar, los aniones cloruro pueden formar complejos solubles estables con metales pesados tales como Cd, Zn y Hg. Tienden a dar suelos de pH básicos.

En definitiva, según la forma en la que se encuentre el metal retenido en el suelo, así será la disponibilidad relativa por las plantas y por tanto la incorporación en los organismos.

Al ir transcurriendo el tiempo disminuye la disponibilidad de los metales, ya que se van fijando en las posiciones de adsorción más fuertes y también los geles van envejeciendo y se van volviendo más cristalinos.

En general se considera que la movilidad de los metales pesados es muy baja, quedando acumulados en los primeros centímetros del suelo, siendo lixiviados a los horizontes subsuperficiales en muy pequeñas cantidades. Es por ello que la presencia de altas concentraciones en el horizonte superficial seguida de un drástico decrecimiento a los pocos centímetros de profundidad es un buen criterio de diagnóstico de contaminación antrópica. Solomon (2002).

2.3 Conceptual

2.3.1 Método de Espectrofotometría de Absorción Atómica

El átomo está, de hecho, constituido por un núcleo rodeado por electrones. Cada elemento tiene un número específico de electrones que está directamente relacionado con el núcleo atómico y que juntamente con él, da una estructura orbital, que es única para cada elemento. Los electrones ocupan posiciones orbitales en una forma predecible y ordenada.

La configuración más estable y de más bajo contenido energético, es conocida como “estado fundamental” y es la configuración orbital normal para el átomo.

Si a un átomo se aplica energía de una magnitud apropiada, ésta será absorbida por él, e inducirá que el electrón exterior sea promovido a un orbital menos estable o estado excitado. Como este estado es inestable, el átomo inmediatamente y espontáneamente retornará a su configuración fundamental. El electrón por lo tanto retornará a su orbital inicial estable y emitirá energía radiante equivalente a la cantidad de energía inicialmente absorbida en el proceso de excitación. El proceso es ilustrado en la Figura 1. note que el paso 1 del proceso, excitación, es

producido al suministrar la energía. El proceso inverso de decaimiento del paso 2, emisión de luz, ocurre espontáneamente.

La longitud de onda de la energía radiante emitida está directamente relacionada a la transición electrónica que se ha producido, puesto que un elemento dado tiene una estructura electrónica única que lo caracteriza; la longitud de onda de la luz emitida es una propiedad específica y característica de cada elemento. Como la configuración orbital de un átomo grande puede ser compleja, existen muchas transiciones electrónicas posibles y cada una de ellas resultará en la emisión de luz de una determinada longitud de onda, como se ilustra gráficamente en la Figura 2.

El proceso de excitación y decaimiento al estado fundamental es común a los tres campos de la espectroscopia atómica. Por esta razón, ya sea la energía absorbida en el proceso de excitación o la emitida en el proceso de decaimiento, puede ser medida y usada para propósito analítico.

En la emisión atómica, la muestra es sometida a una alta energía y temperatura, con el objeto de producir átomos al estado excitado, capaces de emitir luz. La fuente de energía puede ser un arco eléctrico, una llama, o más recientemente un plasma. El espectro de emisión de un elemento expuesto a una de estas fuentes de energía, consiste de una colección de bandas correspondientes a las longitudes de onda permitidas, comúnmente llamadas líneas de emisión a causa de la naturaleza discreta de las longitudes de onda emitidas. Este espectro de emisión puede usarse como una característica única para la identificación cualitativa del elemento. La emisión atómica utilizando un arco eléctrico, ha sido ampliamente empleada en análisis cualitativos.

Las técnicas de emisión también pueden usarse para determinar “cuanto” de un elemento presente en una muestra. Para un análisis “cuantitativo” se mide la intensidad de la luz emitida a la longitud de onda del elemento por determinarse. La intensidad de la emisión a esta longitud de onda será cada vez más alta conforme se incremente el número de átomos del analito. La técnica de fotometría de llama es una aplicación de la emisión atómica en el análisis cuantitativo.

Cuando la luz de una determinada longitud de onda incide sobre un átomo libre en estado fundamental, el átomo puede absorber energía y pasa al estado excitado, este proceso es conocido como absorción atómica. Este proceso está ilustrado en la Figura 3. Note la similitud entre esta ilustración y el paso 1 de la Figura 1, la luz que es la fuente de la oxidación del átomo en la Figura 3, es simplemente una forma específica de energía. La propiedad de un átomo de absorber luz de longitud de onda específica es utilizada en la espectrofotometría de absorción atómica.

La característica de interés en las medidas por absorción atómica, es el monto de luz, a la longitud de onda resonante, que es absorbida, cuando la luz pasa a través de una nube atómica. Conforme el número de átomos se incrementa en el paso de la luz, la cantidad que de ésta será absorbida se incrementará en una forma predecible. Se puede efectuar una determinación cuantitativa del analito presente, midiendo la cantidad de luz absorbida. El uso de fuentes especiales de luz y la selección cuidadosa de la longitud de onda, permite la determinación cuantitativa específica de elementos individuales en la presencia de otros.

La nube de átomos requerida para las mediciones en absorción atómica, es producida por la adición de suficiente energía térmica a la muestra para disociar los compuestos químicos en átomos libres. La aspiración de una solución de la muestra, dentro de una llama alineada con el rayo de luz, sirve para este propósito. Bajo condiciones apropiadas de llamas muchos de los átomos permanecerán en la forma de su estado fundamental y ser capaces de absorber luz de longitud de onda apropiada proveniente de una fuente de luz. La facilidad y la velocidad a la cual se pueden hacer determinaciones exactas y precisas utilizando esta técnica, han hecho que la absorción atómica sea uno de los métodos más populares para la determinación de metales.

Un tercer campo en la espectroscopia atómica es la fluorescencia atómica. Esta técnica incorpora aspectos de absorción atómica y emisión atómica. Igual que en absorción atómica, los átomos en estado fundamental oxigenados por la llama, son excitados al hacerse añadir un rayo de luz sobre el vapor atómico. En vez de cuantificar la cantidad de luz absorbida en el proceso, se mide la emisión resultante del decaimiento

de los átomos excitados por la fuente de luz. La intensidad de esta “fluorescencia” se incrementa conforme se incrementa la concentración de los átomos, los que sirven de base para una determinación cuantitativa. La fuente de energía para la fluorescencia atómica, está fuera del plano del resto del sistema óptico, de manera tal que el detector lumínico, cuantifica sólo la fluorescencia que sucede en la llama y no la luz de la lámpara en sí.

Normalmente son más brillantes las lámparas para la fluorescencia atómica que las utilizadas en absorción atómica, con el objeto de incrementar el grado de excitación del átomo y suministrar una más alta sensibilidad con fluorescencia.

La Figura 4, ilustra cómo se implementan las tres técnicas anteriormente descritas. En tanto que la absorción atómica es la más aplicada de las tres técnicas y normalmente ofrece algunas ventajas sobre las otras dos, se pueden obtener beneficios particulares ya sea con la emisión o la fluorescencia, en situaciones analíticas especiales.

Análisis Cuantitativo por Absorción Atómica

El proceso de la absorción atómica está ilustrado en la Figura 5; luz, a la longitud de onda de resonancia, de intensidad inicial I_0 , es enfocada sobre la llama, que contiene átomos al estado fundamental. La intensidad inicial de la luz es disminuida en una cantidad determinada por la concentración de los átomos en la llama. Luego la luz es dirigida sobre el detector donde se mide la intensidad disminuida. La cantidad de la luz absorbida se determina por comparar I a I_0 . Distintos términos afines son empleados para definir la cantidad de luz absorbida que ha tenido lugar. La transmitancia es definida como la razón de la intensidad final a la intensidad inicial.

$$T = \frac{I}{I_0}$$

La transmitancia es una indicación de la fracción de luz inicial que pasa a través de la llama para incidir en el detector.

$$\%T = 100 \times \frac{I}{I_0}$$

El porcentaje de transmisión es simplemente la transmitancia expresada en términos de porcentaje.

$$\%A = 100 - \%T$$

El porcentaje de absorción es el complemento del porcentaje de transmisión y define el porcentaje de luz inicial que es absorbida en la llama.

$$A = \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$$

Estos términos son fácilmente visualizados sobre una base física.

El cuarto término absorbancia, es puramente una expresión matemática.

$$A = \log \left(\frac{1}{T} \right) = -\log T$$

Absorbancia es el término más conveniente para caracterizar la absorción de luz en la espectrofotometría de absorción, pues esta cantidad guarda una relación lineal con la concentración. La ley de Beer define esta relación:

$$A = abc$$

En donde "A" es la absorbancia; "a" es el coeficiente de absorción constante que es característica de las especies que absorben; "b" es la longitud del paso de luz ocupado por la celda de absorción; y "c" es la concentración de las especies absorbentes en la celda de absorción. Esta ecuación simplemente establece que la absorbancia es directamente proporcional a la concentración de las especies absorbentes para unas condiciones instrumentales dadas.

Esta conducta, de proporcionalidad directa entre absorbancia y concentración, es observada en absorción atómica. Cuando la absorbancia de soluciones patrón conteniendo concentraciones conocidas del analito se miden y grafican los resultados de las absorbancias con respecto a la concentración, se establece una relación de calibración similar a la de la Figura 5. en la región en la cual se observa la relación de la ley de Beer, la calibración produce una línea recta. Conforme se incrementa la concentración y la absorbancia,

comportamientos no ideales de los procesos de absorción producen una desviación en el desarrollo de la línea recta, como se muestra.

Después que se ha establecido tal curva de calibración, se puede medir la absorbancia de soluciones de concentración desconocida y su concentración directamente de la curva de calibración. En la instrumentación moderna, la calibración se puede hacer en el instrumento para proveer una lectura directa de la concentración desconocida. Desde el advenimiento de las microcomputadoras es simple la calibración exacta, aún en la región no lineal. (Willard (1982).

2.4. Definición de términos básicos

- **1 ppm = 1 mg/L;** expresiones muy habituales para concentración de contaminantes en el agua y en la atmósfera.
- **Bahía del Callao.** La Bahía del Callao es una bahía situada en la costa central del Perú, en el Mar de Grau. Su ribera está situada en la Provincia Constitucional del Callao frente a la ciudad de Callao y cerca de la ciudad de Lima, ambas conformadas por el área metropolitana de Lima. Administrativamente pertenece a la Provincia Constitucional del Callao. La bahía se encuentra separada de la bahía de Lima por la península de La Punta; por su ubicación es un lugar de gran importancia comercial y militar. Porque en él se encuentra el principal puerto del país y una base de la marina de guerra. La bahía es muy rica ecológicamente hablando por lo que se creó la Reserva Natural del Callao, encargada de cuidar toda la bahía y las islas cercanas.
- **Concentración.** Es la cantidad de materia expresada por unidad de peso, volumen, masa. La concentración representa la cantidad de soluto por una cantidad fija de disolvente, solución en una mezcla de dos o más componentes.
- **Conductividad.** Es una propiedad aditiva de las soluciones que depende de todos los iones presentes. Por consiguiente, las mediciones de la conductancia de las soluciones no son específicas. Esta falta de especificidad limita las aplicaciones cuantitativas de ésta técnica a

situaciones en las que está presente un solo electrolito, o cuando se desea determinar el total de las especies iónicas.

- **Contaminación.** La contaminación es la presencia en el ambiente de sustancias o elementos dañinos para los seres humanos y los ecosistemas (seres vivos). Existiendo diferentes tipos de contaminación, pero básicamente se puede decir del aire, de suelos (tierra) y del agua. La contaminación hídrica afecta a ríos, fuentes de aguas subacuáticas y mar cuando se liberan residuos contaminantes.
- **Contaminante.** Es la sustancia introducida en el ambiente, que afecta adversamente los recursos naturales o la salud de seres humanos o del ecosistema.
- **Espectroscopía de Absorción Atómica.** La espectroscopía de absorción atómica es un método para la detección y la determinación de elementos químicos, particularmente de elementos metálicos. Los componentes, para su examen, se tienen que romper en los átomos que los constituyen. Ello se emplea por pulverización en una llama a alta temperatura. un rayo luminoso de una cierta longitud de onda, producido por un tipo especial de lámpara, se dirige a lo largo del eje longitudinal de una llama plana y hacia un espectrofotómetro. Simultáneamente la solución de la muestra aspirada hacia el interior de la llama. Antes de entrar en ésta, la solución es dispersada formando una niebla de gotitas muy finas, que se evaporan en la llama dando inicialmente la sal seca y luego el vapor de la sal, el cual se disocia, por lo menos en parte, en átomos del elemento que se desea determinar.
- **Límite máximo permisible (LMP).** El límite máximo permisible (LMP) es la medida de la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente.
- **Metales pesados.** Los metales pesados son un grupo de elementos definido en términos generales que presentan propiedades metálicas, incluida la capacidad de conducir calor y electricidad. En la mayoría de

los casos, la clasificación de un metal pesado se basa en el peso molecular, el número atómico o en propiedades físicas relacionadas.

- **Pez pelágico.** Los peces pelágicos (nerítico y oceánico) que tradicionalmente se encuentran dentro de la Corriente Costera Peruana incluyen especies como la lorna, corvina, robalo, anchoveta, machete, pejerrey, lisa, cojinoba, jurel y caballa. El bonito es más bien un habitante del borde externo de esta corriente. Aguas afuera de esta corriente se encuentra el atún, barrilete, pez espada, pez vela, Merlín, etc. (Instituto de Estudios Histórico Marítimos del Perú, 1980).
- **pH.** La definición operacional del pH enfatiza que su determinación es especialmente la medición de la diferencia de la fem registrada en una celda de pH, contenido primero un regulador de referencia y después una solución problema. La definición sólo existe que el potencial del electrodo de referencia permanezca constante durante el tiempo en que se hacen las mediciones.

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis (general y específicas, de ser el caso).

3.1.1 Hipótesis General

La concentración de metales pesados en los peces pelágico en la bahía de Callao influyen significativamente a los límites máximos permisibles.

3.1.2 Hipótesis Específicas

Relación entre los metales pesados a encontrarse en los peces pelágico de la bahía del Callao.

Órganos de los peces pelágico en los que se fijarán los metales pesados Pb, Cd y Cu.

3.2. Definición conceptual de variables.

Variable Dependiente

X: Metales Pesados en los peces pelágico.

Variable Independiente

Y: Peces pelágico de la bahía del Callao.

Z: Efectos de los Metales Pesados en los peces pelágico de la bahía del Callao.

3.2.1 Operacionalización de variable

Se muestra cómo se realizó la descripción operacional de las variables, a través de dimensiones, indicadores y métodos de ensayos.

Tabla 3

Caracterización de las variables

Variable Dependiente	Dimensión	Indicador	Método
X= mg/L, Unidades trazas de metales pesados	Parámetro analítico trazas	metales	Espectrofotometría por Absorción Atómica

Variable Independiente	Dimensión	Indicador	Método
Y: Peces pelágico de la bahía del Callao	Parámetros físico – químicos	pH metales	Potenciometría – Conductimetría
Z: Efecto de los Metales Pesados en los peces pelágico de la bahía del Callao	Parámetro analítico trazas	metales	Espectrofotometría por Absorción Atómica.

IV. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 Tipo y diseño de la investigación

4.1.1 Por su finalidad

Esta investigación es aplicada en la cuantificación de metales presentes en peces pelágico y que se encuentran presentes en la bahía del Callao, porque nos permitirán resolver el problema de contaminación de peces pelágico que cuentan con cantidades posibles de metales en los diferentes partes de su anatomía de la bahía del Callao.

4.1.2 Por su diseño interpretativo

Proyecto de tipo correlacional, experimental, porque los datos serán obtenidos mediante técnicas instrumentales, que permitirán cuantificar trazas de los elementos metálicos en peces pelágico que se encuentran en la bahía del Callao.

4.1.3 Por su énfasis de los datos manejados

Es de tipo cuantitativo porque generará resultados precisos, secuenciales y probatorios, de las especies presentes en la bahía del Callao.

4.1.4 Por el nivel de estudios

Es del tipo aplicativo ya que busca establecer propuestas para ser aplicados en la práctica, con otras especies de peces que se encuentran en el mar de Grau.

4.2 Método de investigación

En el método de la investigación se ha considerado en cuatro etapas:

Primera Etapa de la Investigación:

- Revisión de bibliografías.
- Clasificación de las zonas de muestreo.

Segunda Etapa de la Investigación:

1. Zonas de muestreo "Terminal Pesquero Ventanilla".

2. Técnicas analíticas de laboratorio.

Tercera Etapa de la Investigación:

3. Zona de muestreo “Terminal Pesquero Artesanal del Callao”.

4. Análisis instrumental por espectrofotometría de absorción atómica.

Cuarta Etapa de la Investigación:

5. Corridas experimentales

6. Evaluación y discusión de resultados.

4.3 Población y muestra

4.3.1 Población

La población estará constituida por 20 especies marinas en la bahía del Callao, de las cuales 11 especies marinas viven cerca de la costa y son las más consumidas.

4.3.2 Muestra

La constituyen las especies marinas que se caracterizan por ser peces pelágico de mayor consumo:

Lorna (*Sciaena deliciosa*)

Pejerrey (*Odontesthes regia regia*)

Lisa (*mugil cephalus*)

Toma de la muestra

Es la actividad que realiza el muestreador antes de proceder a la recolección de los peces. Al lugar donde se realizará el muestreo el encargado deberá asistir provisto de implementos necesarios para cumplir tal fin como: ictiómetro, baldes, balanza, fichas, etc.

El tamaño de la muestra está condicionada a la longitud de los distritos ejemplares a muestrear:

Tabla 4*Especies pelágicas en las zonas estudiadas*

Especies	N° de ejemplares para medir	Frec.	Colector	Talla (cm)	Peso (g)
Lorna	4	Diaria	1 balde (2 Kg)	24.0	20.
Pejerrey	4	Diaria	1 balde (2 Kg)	14.0	12.5
Lisa	4	Diaria	1 balde (2 Kg)	37.0	13.0

En el caso de que el muestreador observase mezcla de especies en el muestreo deberá tomar tantos baldes como para realizar un muestreo en que aproximadamente está presente al menos el 50% de la especie dominante.

Se tomó muestras de lorna, pejerrey y lisa, en el acopio de venta de especies marítimas ubicada en el Jirón Colón cuadra 5 de la Provincia Constitucional del Callao, el muestreador colectó: 3 especies (1 de cada una) de las mesas, tomando información de captura. Zonas de muestreo IV.

4.4 Lugar de estudio y periodo desarrollado

Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Callao.

Laboratorios de Investigación de la Facultad de Ingeniería Química.

Zonas estudiadas / Período desarrollado (Mayo – Junio – Agosto 2021)

Zona I:

La Punta

Isla San Lorenzo

Zona II:

Terminal Pesquero Artesanal del Callao

Desembocadura Río Rímac

Colector Comas

Playa Oquendo

Zona III:

Frente a la Pampilla

Playa Ventanilla

Zona IV:

Acopio de Venta al público de especies marinas del Callao

Terminal Portuario del Callao

Ubicación Geográfica

Ubicado en la Provincia Constitucional del Callao, a 15 km de la ciudad de Lima

Latitud Sur 12°02'42"

Longitud Oeste 77°08'25"

Zona de Pesca en el Callao

Camotal, Casas Blanca, El Buey, El Casno, El Colorado, El Cuartel, Enzomar, Carballo, Chorillos, Isla Cabinza, Isla Grande, Isla de Hormigas, Isletas: La Punta, Marbella, Miraflores, Ventanilla, Frontón, Guanilo, Horadada, Isleta: La Antena, Huachá, La Aviación, La Mentala, La Vela Tendida, Los Tanques.

Período Desarrollado

Mayo – Junio – Agosto del 2021.

La frecuencia de monitoreo fue establecida en cuatro (04) fechas, como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 5

Períodos de Muestreo

Muestra	Fecha	Estaciones			
		E ₁	E ₂	E ₃	E ₄
1	15/05/21	X	X	X	X
2	10/06/21	X	X	X	X



Muestra	Fecha	Estaciones			
		E ₁	E ₂	E ₃	E ₄
3	15/07/21	X	X	X	X
4	08/08/21	X	X	X	X

Las zonas de estudio, se establecieron en función a las coordenadas UTM, con referencias del Río Rímac y del Río Chillón a lo largo del litoral de la bahía del Callao

4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

La evaluación de las variables de la investigación, se obtendrán de forma experimental, usando como referencia información experimental y bibliográfica.

Para la recolección de datos nos basaremos a experiencias en el laboratorio, utilizando instrumentos y estándares certificados, uso de un instrumento encuesta.

Procedimiento de las muestras

A cada especie se le asignó un código de identificación. Determinándose la longitud (cm) mediante un ictiómetro (± 0.5 cm) y el peso mediante una balanza analítica (± 0.001 g), las especies pelágicas en estudio: *Sciaena deliciosa* (lorna), *Odontesthes regia regia* (Pejerrey) y *Mugil cephalus* (lisa).

Para la disección de las especies, y obtención de tejidos muscular e hígados, se tomaron de la sección anterior del pez, entre la aleta pectoral y la aleta dorsal del lado izquierdo del cuerpo, para ello, se realizó un corte de 5 x 4 cm.

Para retirar el hígado se realizó un corte en la parte ventral del pez, se procedió a lavar la muestra con agua destilada, los restos de sangre. Las muestras se conservaron en bolsas plásticas etiquetadas, indicándose: especie, organismo de discusión, zona de muestreo, captura, fecha, número o código, y se conserva en refrigeradora a -20 °C.

Para el análisis de metales Plomo, Cadmio y Cobre, se consideraron las muestras de tejidos musculares axial e hígados, éstos se pesarán en balanza analítica (± 0.001 g), para determinar su peso húmedo y se mantuvieron congelados (-20 °C) hasta su posterior estudio.

Por especie se obtuvieron dos muestras de tejido muscular y una muestra de hígado.

Preparación y análisis de muestras por Espectrofotometría de Absorción Atómica con la técnica a la llama acetileno – aire, Modelo 3110 Perkin Elmer

El pensamiento de las muestras de tejidos muscular e hígado para la cuantificación del contenido de Plomo, Cadmio y Cobre, comenzó descongelando, cada muestra seleccionada, en estufa a 105 °C, para luego pesar 5 g de músculo, agregar 4 ml de HNO_3 y 1 ml de H_2SO_4 , digestión a 90 °C por 1 hora, enfriar a temperatura ambiente, $+0.5$ ml de H_2O_2 y se calcinó en horno mufla a 500 °C, durante 3 horas, para obtención de cenizas ácidas con ácido clorhídrico, se disolvieron en un matraz aforado de 100 ml, se etiqueta cada muestra y se guarda en refrigeradora hasta su posterior análisis.

Las muestras de hígado, se pesó 0.5 g + 2 ml de HNO_3 + 1 ml de H_2SO_4 y se siguió el mismo procedimiento anterior.

Fuente: Metodología en Word y Van Vleed (2021).

Fuente: Viana, F. 2001. Metales pesados en peces de la costa de Montevideo y Piriápolis (Uruguay).

4.6 Análisis y procesamiento de datos

Por ser la investigación correlacional, experimental y realizar análisis de peces pelágico, los cuales me arrojarán un número importante de datos como de respuestas. Estos datos se analizarán mediante el software MINITAB 18, el cual ayudará a identificar, si los parámetros operacionales planteados influirán significativamente en el proceso de identificar, evaluar y realizar la prueba de toxicidad de 24 a 96 horas, además para contrastar las hipótesis planteadas.

V. RESULTADOS

5.1 Resultados de las mediciones de campo

A continuación, se presentan los resultados de campo realizados en las 4 estaciones de muestreo.

Tabla 6

Monitoreo N° 1 – Fecha: 15/05/21

Plomo (Pb) $\mu\text{g/g}$

Especies	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄
Lorna	4.05	3.06	2.16	3.33
Pejerrey	5.09	4.01	3.35	3.10
Lisa	0.61	0.51	0.81	0.40

Tabla 7

Monitoreo N° 2 – Fecha: 15/05/21

Cadmio (Cd) $\mu\text{g/g}$

Especies	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄
Lorna	1.62	1.46	1.35	1.42
Pejerrey	1.59	2.54	2.35	1.65
Lisa	0.73	0.57	0.61	0.45

Tabla 8

Monitoreo N° 3 – Fecha: 15/05/21

Cobre (Cu) $\mu\text{g/g}$

Especies	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄
Lorna	2.78	2.06	2.28	2.44
Pejerrey	2.14	1.42	2.14	2.16
Lisa	2.44	1.87	2.45	2.78

Tabla 9*Monitoreo N° 4 – Fecha: 10/06/21**Plomo (Pb) $\mu\text{g/g}$*

Especies	E₁	E₂	E₃	E₄
Lorna	4.08	3.70	5.80	3.60
Pejerrey	2.45	3.10	2.75	4.20
Lisa	3.80	4.06	0.60	2.35

Tabla 10*Monitoreo N° 5 – Fecha: 10/06/21**Cadmio (Cd) $\mu\text{g/g}$*

Especies	E₁	E₂	E₃	E₄
Lorna	1.15	0.64	0.75	2.02
Pejerrey	3.65	0.85	1.45	0.65
Lisa	0.75	1.42	0.90	0.92

Tabla 11*Monitoreo N° 6 – Fecha: 10/06/21**Cobre (Cu) $\mu\text{g/g}$*

Especies	E₁	E₂	E₃	E₄
Lorna	2.40	2.47	4.00	2.60
Pejerrey	1.84	3.02	3.68	4.05
Lisa	2.08	1.92	4.02	3.75

Tabla 12*Monitoreo N° 7 – Fecha: 15/07/21**Plomo (Pb) $\mu\text{g/g}$*

Especies	E₁	E₂	E₃	E₄
Lorna	2.02	3.02	1.60	1.89
Pejerrey	3.12	2.14	2.16	2.70

Especies	E₁	E₂	E₃	E₄
Lisa	1.78	4.16	3.10	1.96

Tabla 13

Monitoreo N° 8 – Fecha: 15/07/21

Cadmio (Cd) µg/g

Especies	E₁	E₂	E₃	E₄
Lorna	2.17	3.54	1.46	2.39
Pejerrey	1.45	1.64	1.50	2.42
Lisa	1.15	1.54	1.75	3.02

Tabla 14

Monitoreo N° 9 – Fecha: 15/07/21

Cobre (Cu) µg/g

Especies	E₁	E₂	E₃	E₄
Lorna	4.02	3.02	3.70	2.36
Pejerrey	2.40	2.64	2.14	1.98
Lisa	4.20	2.52	1.74	2.40

Tabla 15

Monitoreo N° 10 – Fecha: 08/08/21

Plomo (Pb) µg/g

Especies	E₁	E₂	E₃	E₄
Lorna	3.40	4.60	5.10	2.98
Pejerrey	4.02	3.12	4.68	5.00
Lisa	0.80	0.56	0.65	1.02

Tabla 16*Monitoreo N° 11 – Fecha: 08/08/21**Cadmio (Cd) $\mu\text{g/g}$*

Especies	E₁	E₂	E₃	E₄
Lorna	1.72	1.48	1.58	1.62
Pejerrey	1.68	2.02	1.59	1.75
Lisa	0.78	0.58	0.75	0.68

Tabla 17*Monitoreo N° 12 – Fecha: 08/08/21**Cobre (Cu) $\mu\text{g/g}$*

Especies	E₁	E₂	E₃	E₄
Lorna	2.38	1.68	2.78	2.46
Pejerrey	2.14	3.12	2.10	2.09
Lisa	1.68	1.87	2.14	1.26

Los resultados fueron reunidos mediante estadística descriptiva con norma Unión Europea.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Contratación y demostración de la hipótesis con los resultados.

1. Niveles de Contaminación Marina

Los niveles de contaminación se han mantenido y, en algunos casos, incrementado, tal es el caso de la bahía del Callao, que aporta presenta altas concentraciones de aguas contaminadas que provienen principalmente de las aguas residuales domésticas e industriales domésticas e industriales, en forma puntual o discontinua, de los ríos Rímac y Chillón (SEDAPAL, 2006).

Los efluentes industriales de contaminación (DICAPI, DIGESA, PRODUCE), brindan la autorización de la descarga de vertimientos y contabilizan el total de empresas en funcionamiento.

Las industrias existen en el tramo del río Rímac y Chillón, siendo estas: La Pampilla, Industria Vencedor SA, Papelera Paramonga S.A., Fábrica de Lana SA, Listos SA, Baterías Capsa SA, Contenedora del Perú SA, Empresa de Sal SA, Química del Pacífico SA, Planta Transformadora, Ajinomoto Perú, Bayer Industrial SA, Papelera Paracas SA, Prolansa, Frigorífico Pesquero, Fertisa, Pesquera Diamante, Pesquera Cormar (DIGESA, 2005).

2. Parámetros Físico – Químicos y Biológicos que determinan la calidad del agua marina

pH

Sólidos totales

Oxígeno disuelto

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Demanda Química de Oxígeno (DBO)

Alcalinidad

Calidad Bromatológica

Nitrógeno

Concentración de Ion Amonio

Nitratos y Nitritos

Fósforo Total
Temperatura
Aceites y Grasas
Metales Pesados

3. **Contenidos promedio de metales Pb, Cd, Cu en muestras pelágicas de la bahía del Callao, del estudio realizado**

La cuantificación se realizó con un Espectrofotómetro de Absorción Atómica de Llama Acetileno – Aire y convección de fondo de Deuterio, modelo 3110, de marca Perkin Elmer (EVA).

Los patrones de calibración y los blancos, recibieron el mismo tratamiento, previa digestión ácida de la muestra de músculo e hígado.

Concentraciones promedio encontrados en el hígado, de las muestras pelágicas estudiadas:

	Pb ($\mu\text{g/g}$)	Cd ($\mu\text{g/g}$)	Cu ($\mu\text{g/g}$)
1. Sciaena deliciosa (lorna)	4.05	1.62	2.78
2. Odontesthes regia regia (Pejerrey)	5.09	1.59	2.14
3. Mugil cephalus (lisa)	0.61	0.73	2.44

Se concluye que la mayor acumulación se presenta en el hígado, las tres especies acumulan Cadmio (Cd) y Cobre (Cu) en el músculo.

Pejerrey y lorna acumulan Plomo (Pb) en el músculo.

Lorna acumula mayor cantidad de Cadmio (Cd) y Cobre (Cu) en el músculo.

6.2 **Contrastación de los resultados con otros estudios similares.**

Existe variada información sobre estudios del contenido traza de metales pesados en agua de mar, de los cuales se obtuvieron valores promedio de Cobre ($37.46 \mu\text{g/g}$), Cadmio ($5.14 \mu\text{g/g}$), Plomo ($3.32 \mu\text{g/g}$) y Zinc ($14.71 \mu\text{g/g}$), los cuales fueron referidos a muestra seca, obteniéndose valores altos de los límites máximos permisibles.

Con respecto a la hipótesis específica 1: Los mejores indicadores alternativos de Contaminación ambiental son la evaluación de metales en

tejidos muscular y hepático de peces, principalmente en *Sciaena deliciosa* (lorna), al estar relacionado con los metales pesados en agua y sedimento de la zona costera del Callao y presentar varios metales por encima de los límites permisibles.

Con respecto a la hipótesis específica 2: Estudio de metales pesados en peces de la costa de Montevideo y Piriápolis (Uruguay), Viona F, 2001, el estudio se realizó utilizando corvina rubia, de las cuales se obtuvieron metales pesados de Cu, Zn, Cd y Hg $\mu\text{g}\times\text{g}^{-1}$ PS, evaluaciones de metales en músculo e hígado, el estudio es comparativo con otro investigador, y comparando resultados, se advierte la diferencia con el estudio realizado, esto indica que la hipótesis específica que he utilizado en los peces pelágicos: *Sciaena deliciosa* (lorna), *Odontesthes regia regia* (Pejerrey) y *Mugil cephalus* (Lisa), e contenido de Plomo (Pb), Cadmio (Cd) y Cobre (Cu), está por debajo de los valores máximos permisibles.

Con respecto a la hipótesis General, se ha comprobado la presencia de metales pesados en los peces pelágicos de la bahía del Callao, considerando que se estudiaron tres (03) especies: *Sciaena deliciosa* (lorna), *Odontesthes regia regia* (Pejerrey) y *Mugil cephalus* (lisa), según los resultados obtenidos quedó demostrado que con una evaluación constante, y ampliarse el tiempo de estudio y utilizar otras especies pelágicas del mar de la bahía del Callao (caballa, bonito, jurel, merluza) que son de consumo masivo en el puerto del Callao.

6.3 Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes

El autor de la investigación se responsabiliza por la información emitida en el presente Trabajo de Investigación.

CONCLUSIONES

Con los resultados hallados se establece que, entre los habitantes de la Región Callao, los peces consumidos son alrededor de 10 especies, no obstante, en este estudio solo fueron considerados tres (03) especies reportadas de mayor consumo, entre estas destacan la caballa, el bonito, el jurel, la sardina, la merluza. Wu et al. (2019).

El hábito alimenticio de las especies estudiadas refleja los diferentes niveles de exposición a contaminantes, siguiendo tendencias coherentes a las propiedades de los metales pesados.

Diversos autores opinan que además del hábito alimenticio, condiciones atmosféricas (Kh M El-Moselhy, Al Othman, H Abd El-Azem, MEA El-Metwally 2014), los tiempos prolongados de exposición (Kojadinovic, J.; Potier, M.; Le Corre, M.; Cosson, R.P.; Bustamante, P. 2007) y el contenido de grasas intramusculares, determinan las altas concentraciones en el músculo en los peces.

En peces, las concentraciones de Cobre (Cu), afectan las branquias y donde los organismos pueden morir por efectos de hipoxias.

El Plomo (Pb), causa daños en las fibras musculares, inflamaciones degenerativas en el hígado y gónadas tejido branquial.

El Cadmio (Cd), es tóxico oxidativo que conduce a la apoptosis extrínseca e intrínseca en el carcinoma hepatocelular.

La evaluación del riesgo, es una herramienta útil para dar un significado cuantitativo de los problemas de exposición ambiental a contaminantes, categorizarlos y priorizar acciones correctivas aseguran que estas revelaciones se realizan con el fin de calcular y determinar los límites permisibles de un contaminante en una matriz, cuyo principio es la estimación cuantitativa de consumo de la matriz, que previamente se estableció que podría estar contaminada, en este estudio ésta matriz se refiere a las especies de pescado: *Sciaena deliciosa* (lorna), *Odontesthes regia regia* (Pejerrey) y *Mugil cephalus* (lisa), de las cuatro (04) zonas estudiadas de la bahía del Callao.

En este estudio se asumió los reportes de comprobación de Plomo (Pb), Cadmio (Cd) y Cobre (Cu) en las especies de *Sciaena deliciosa* (lorna), *Odontesthes regia regia* (Pejerrey) y *Mugil cephalus* (lisa), no variaron durante los procesos de cocción, teniendo en cuenta lo reportado por Weinberg (2010), al afirmar que el Plomo (Pb), Cadmio (Cd) y Cobre (Cu) se encuentran enlazados con la proteína más que con los tejidos grasos de los peces, por lo tanto, acciones como sustraer la grasa o la piel de un pez contaminado con Plomo (Pb), Cadmio (Cd) y Cobre (Cu) no reduce de manera significativa su concentración en el músculo, también se advierte, que la cocción no reduce los niveles de Plomo (Pb), Cadmio (Cd) y Cobre (Cu) en el filete.

RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios de otras especies pelágicas, de consumo masivo en la costa del Callao.
2. Trabajar de manera coordinada con el sector producción, para el desarrollo sostenido de la industria pesquera del Perú.
3. Mejorar las instalaciones del Terminal Pesquero Artesanal del Callao, ya que existe una pesca artesanal en el Callao.
4. La especie pelágica (anchoveta), representa una de las especies que se pueden convertir en harina de pescado, con 60 – 70% de proteína, además de 5 – 10% de grasa y con humedad de 9%, la harina servirá para exportación y mejorar las divisas del Perú.
5. La frecuencia de consumo se consideró según USEP (2002) de 227 g, para adultos y 114 g para niños.
6. Según Health Canadá (2008), frecuencia de consumo promedio de 2 ± 1 días / semana de *Odontesthes regia regia* (Pejerrey) y *Sciaena deliciosa* (lorna).
7. Las tres (03) especies, el consumo día / semana de los grupos poblaciones fue de 3 ± 1 días /semana.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barros, O.; Doria, C., y Marrugo, J. (2016). Metales pesados (Pb, Cd, Ni, Zn, Hg) en tejidos de *Lutjanus synagris* y *Lutjanus vivanus* de la Costa de La Guajira, Norte de Colombia. *Veterinaria y Zootecnia*, 10 (2), 45-52.
- Bordou, A., Maury – Brachet, R., Coquery, M., Durecin, G. & Cossa, D. (2005). Synergic affect of go id mining and damming on mercury contamination in fish. *Environmental Science & Tecnology*, 39 (8), 2448 – 2454.
- Boyle, D., Brix, K.V.; Amlund, H., Lundebye, A.K., Hogstrand, C. & Bury, N.R. (2008). Natural arsenic contaminated diets perturb reproduction in fisch. *Environmental Science & Tecnology*, 42 (14), 5354 – 5360.
- Bunger, J. & Godfeld, M. (2005). Heavy metals in commercial fish in New Jersey. *Environmental Research*, 99 (3), 403 – 412.
- Cabral, H., Costa, M. & Salgado, P. (2001). *Does the Tagus estuary fish community reflect environmental changes* *Clim Res* 18. Págs. 119-126.
- Chanamé Zapata, F.C. (2009) *Bioacumulación de metales pesados procedentes de la contaminación minera y metalúrgica en tejidos de oncorhynchus mykiss “trucha arco iris” de los centros de producción de la provincia de Yauli Junín*. [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de Trujillo]. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/5400>
- Fuentes, M. 1998. *Condiciones geoquímicas de los sedimentos superficiales de la laguna de Chacopata, Edo. Sucre, Venezuela*. [Tesis de Grado, Magister Scientiarum en Ciencias Marinas. Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela].
- García, J. O., Tortajada, J. F., Conesa, A.C. & Custell, J.G. (2005). Neurotóxicos medioambientales (y II). Metales: efectos adversos en el sistema nervioso fetal posnatal. *Acta Pediátrica Esp*, 63 (5), 182 – 1192.
- Garcia, P.E. & Cruz, M. LA. (2012). Los efectos del Cadmio en la salud. *Revista de Especialidades Médico-Quirúrgicas*, 17 (3), 199 – 205.
- IMARPE (Instituto del Mar del Perú) (2010). Informe Nacional sobre el Estado del Ambiente Marino del Perú. *Ministerio de la Producción – Instituto del Mar del Perú*.

- Instituto Nacional de Estadística e Informática (1997). Perú – población total tasa de crecimiento e índice de masculinidad según departamento. 1995 – 2000 – Compendio Estadístico. Lima. *Instituto Nacional de Estadística e Informática*.
- Jacinto, M. E. & Aguilar, S. (2013) Concentraciones traza de metales en especies marinas de la bahía de Huarmey, Ancash, Perú. *Revista Peruana de Biología* 14 (2). 307 – 311.
- Kh M El-Moselhy, Al Othman, H Abd El-Azem, MEA El-Metwally (2014). Bioaccumulation of heavy metals in some tissues of fish in the Red Sea, Egypt. *Revista Egyptian journal of basic and applied sciences*, 1 (2) 97 – 105.
- Kojadinovic, Jessica; Potier, Michel; Le Corre, Matthieu; Cosson, Richard P.; Bustamante, Paco (2007). Bioaccumulation of trace elements in pelagic fish from the Western Indian Ocean. *Revista Environmental Pollution*, 146 (2) 548 – 566.
- Reyes, Y. C., Vergara, I., Torres, O. E., Díaz-Lagos, M., & González, E. E. (2016). Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Revista Ingeniería Investigación y Desarrollo*, 16 (2). 66 – 77.
- Senior, W., Cornejo-Rodriguez, M. H., Tobar, J., Ramirez Muñoz, M. R. & Marquez A. (2016) Metales pesados (cadmio, plomo, mercurio) y arsénico, en pescados congelados de elevado consumo en el Ecuador. *Zootecnia Trop.* 34 (2). 143 – 153.
- Solomon G. & Weiss P. (2002). Chemical Contaminants in Breast Milk: Time Trends and Regional Variability. University of California-Berkeley, California, USA. *Environmental Health Sciences*, 110 (6). A339-47 <https://doi.org/10.1289/ehp.021100339>
- USEPA (United States Environmental Protection Agency) (2002). Mercury Treatment Technologies for soil, waste and water. Office of solid waste and Emergency Response.
- Walton, Harold F. y Reyes, Jorge (2005). *Análisis Químico e instrumental moderno*. Editorial Reverté S.A.

- Weinberg, J. (2010). *Introducción a la Contaminación por Mercurio para las ONG. IPEN*. pp 1 – 162 retrieved from http://ipen.org/sites/default/files/documents/ipen_mercury_booklet-es.pdf
- WHO (World Health Organization (2010) <https://doi.org/10.1181/17July2012>
- Willard Hobart H., Dean, John A. & Merritt, Lynne L. (1982). *Métodos Instrumentales de Análisis*. Editorial Continental. 5ta. Edición.
- Wu, P.; Kainz, M.; Bravo, A.; Akerblom, S; Somesten, L. & Bishop, K. (2019) The importance of bioconcentration into the pelagic food web base for methylmercury biomagnification: A meta-analysis. *Science of the Total Environment* 367. 646. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.328>.
<https://www.smartsea.pe/pejerrey.html>
<http://biodiversidadacuatica.imarpe.gob.pe/Catalogo/Especie?id=174>
<https://es-la.facebook.com/aquadictos/posts/1354796511275210/>

ANEXOS

Matriz de consistencia

Figuras de Absorción Atómica

Tratamiento de aguas potables y aguas servidas en ciudades de la Costa

Normas Nacionales y otros Instrumentos de Gestión Ambiental Internacional

Pesquería

Indicadores de contaminación del agua superficial marina y dulceacuícola

Fotografías de peces pelágico

ANEXO 1
Matriz de Consistencia

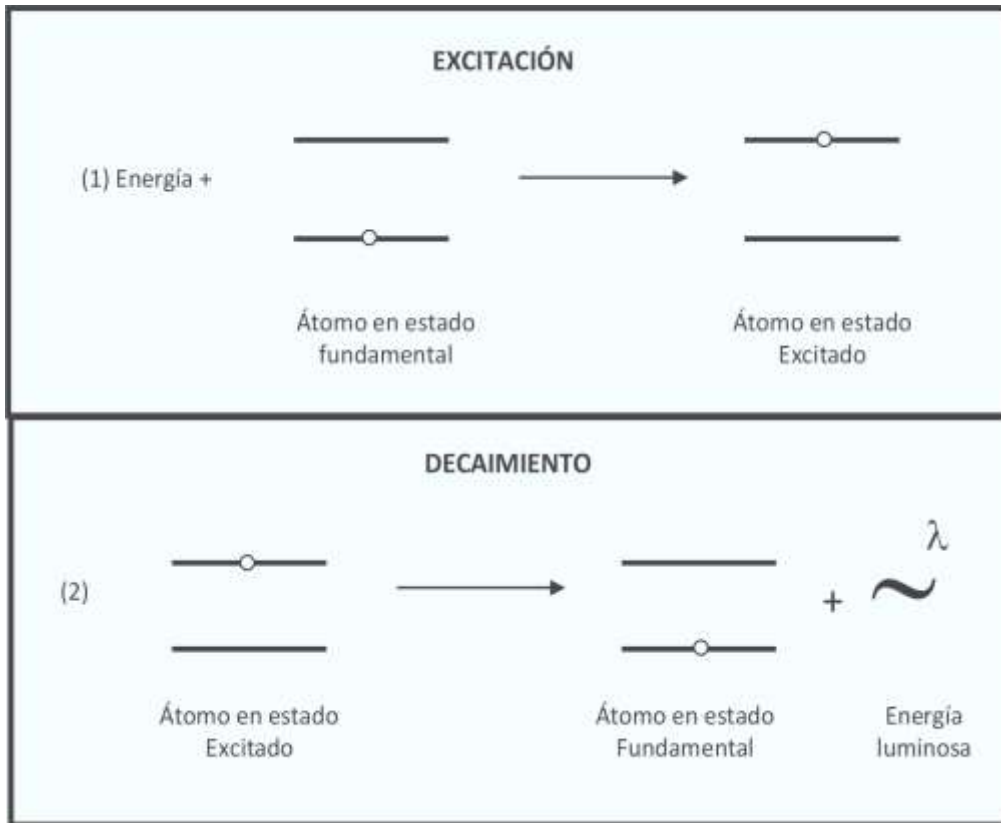
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Método
General	General	General	Dependiente		
¿Se encontrarán concentraciones de metales pesados Pb, Cd y Cu en los peces pelágio en la bahía del Callao?	Cuantificar la concentración de metales pesados Pb, Cd y Cu en los peces pelágio según su talla.	La concentración de metales pesados en los peces pelágio en la bahía de Callao influyen significativamente a los Límites Máximos Permisibles.	X: Metales Pesados	Plomo Cadmio Cobre.	Relacionando la variable Y así como la variable Z con la variable X
Específico	Específico	Específico	Independientes		
1. ¿De qué manera se relacionan los metales pesados Pb, Cd y Cu, y los peces pelágio de la bahía del Callao?	1. Comparar relación entre los metales pesados Pb, Cd, y Cu en los peces pelágio en los años 2020-2021.	1. Relación entre los metales pesados a encontrarse en los peces pelágio de la bahía del Callao.	Y: Peces pelágio de la bahía del Callao.		
2. ¿En qué parte de la anatomía de los peces pelágio se fijarán los metales pesados?	2. Determinar en qué parte de la anatomía de los peces pelágio se fijarán los metales pesados.	2. Órganos de los peces pelágio en los que se fijarán los metales pesados Pb, Cd y Cu.	Z: Efectos de los metales pesados en los peces pelágio en la bahía del Callao.	Límites máximo-permisibles (LMP).	Métodos Instrumentales por Absorción Atómica.



ANEXO 2
Figuras de Absorción Atómica

Figura 1.

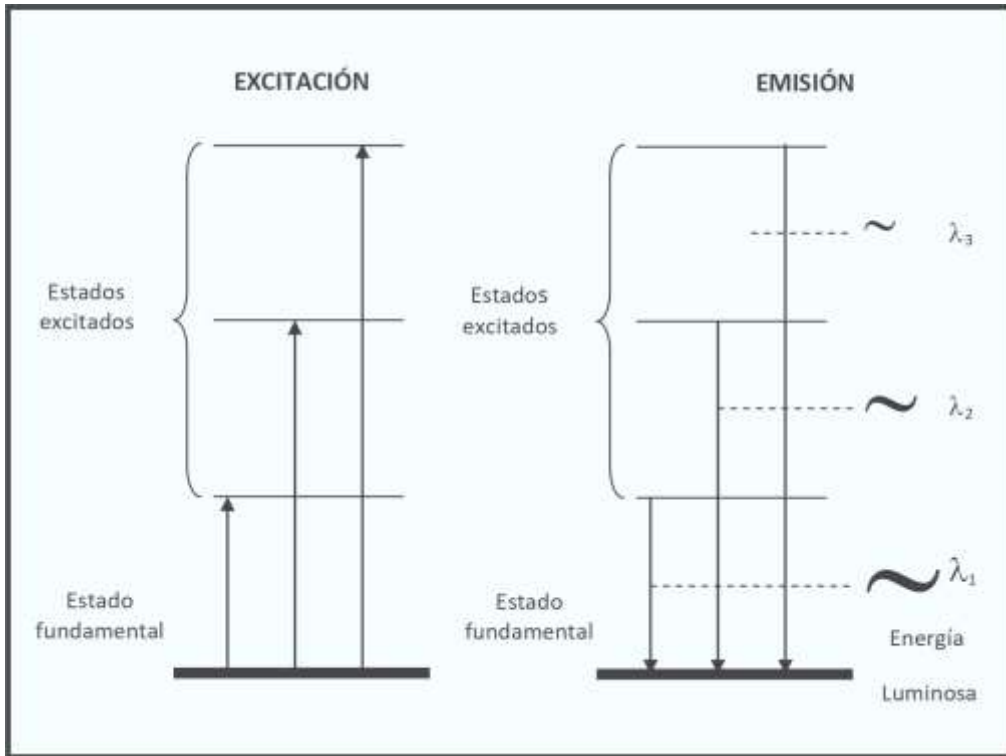
Excitación y Decaimiento



Fuente: Beaty, Richard. 1993

Figura 2.

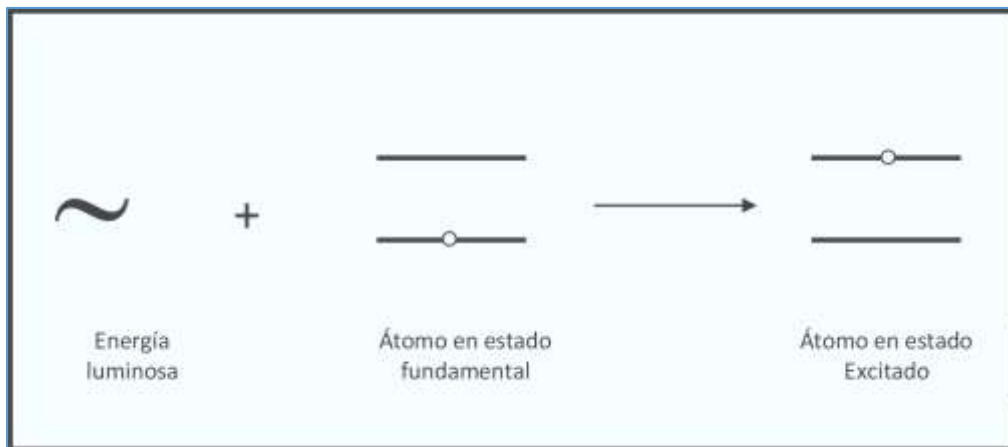
Excitación y Emisión



Fuente: Beaty, Richard. 1993

Figura 3.

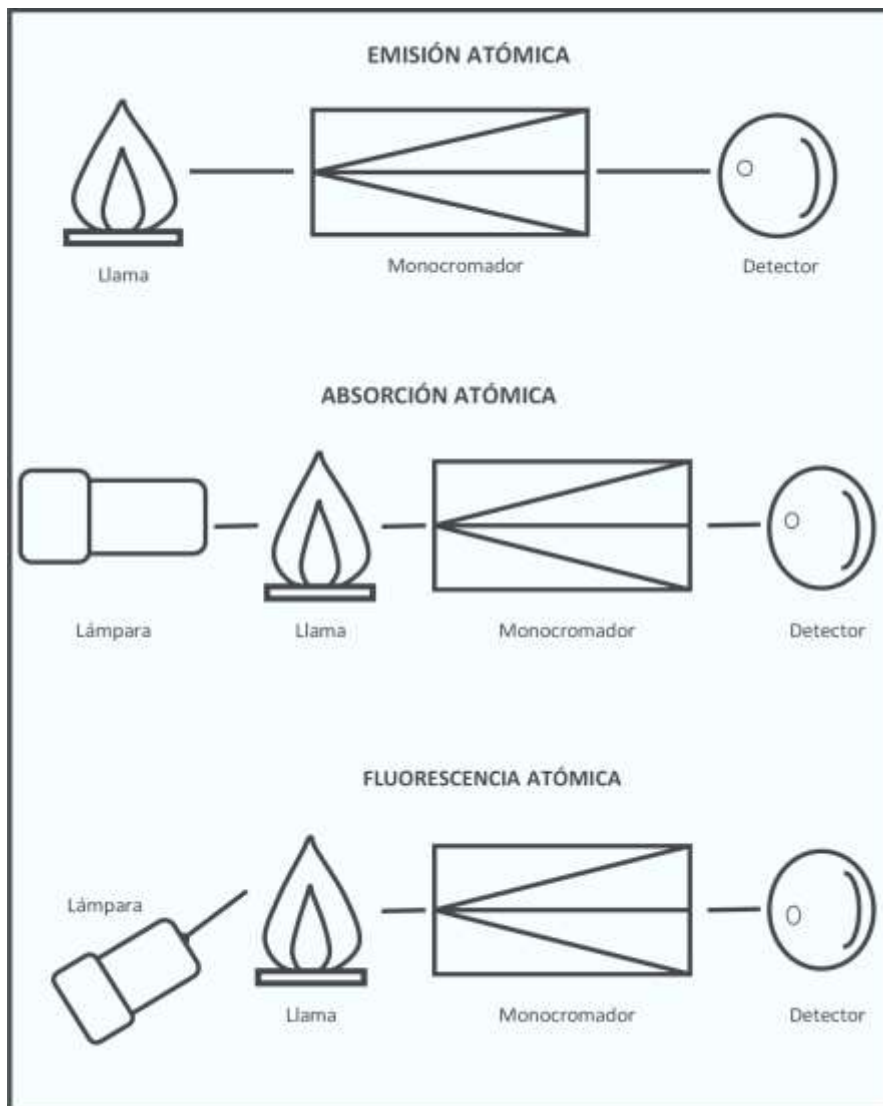
Proceso de la Absorción Atómica



Fuente: Beaty, Richard. 1993

Figura 4.

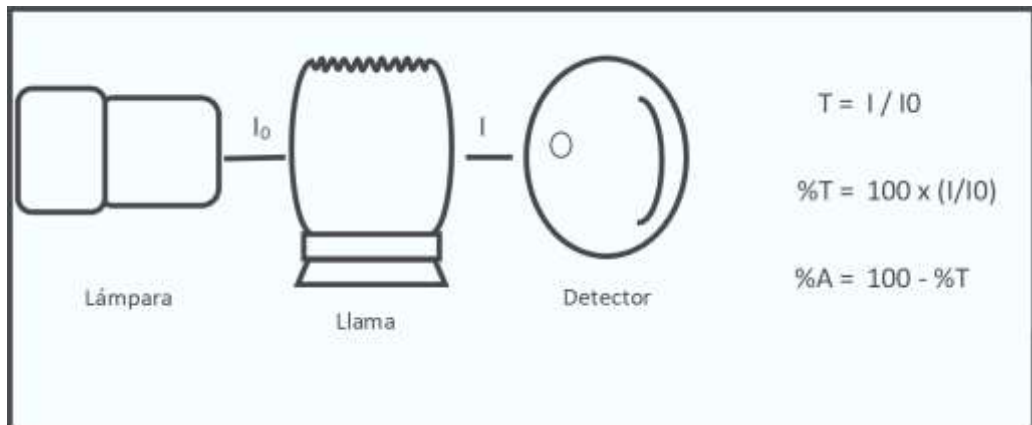
Emisión Atómica



Fuente: Beaty, Richard. 1993

Figura 5.

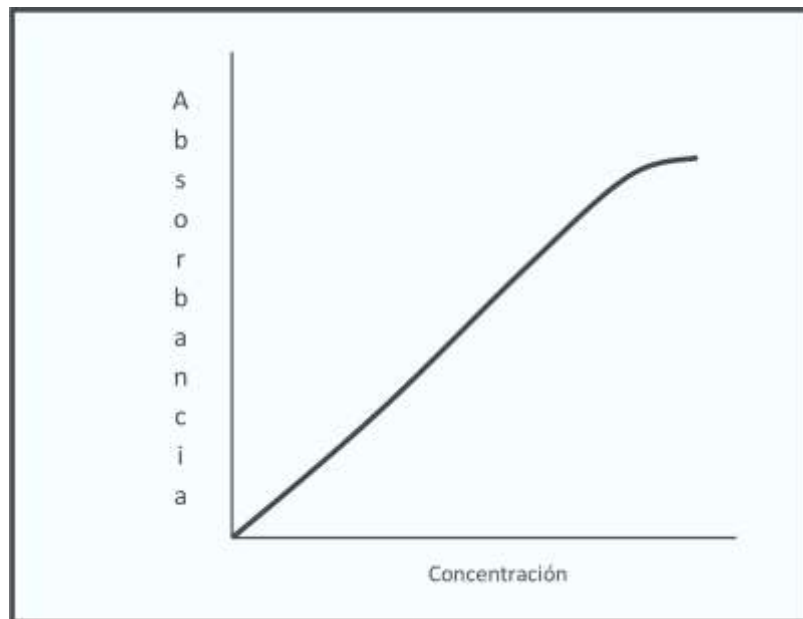
Proceso de Absorción Atómica



Fuente: Beaty, Richard. 1993

Figura 6.

Absorbancia y Concentración



Fuente: Beaty, Richard. 1993

ANEXO 3

Tratamiento de aguas potables y aguas servidas en ciudades de la Costa

Fuente: Informe Nacional sobre el Estado del Ambiente Marino del Perú. Ministerio de la Producción – Instituto del Mar del Perú

Las aguas residuales provenientes de la ciudad de Lima, descargan en la bahía del Callao mediante colectores en un volumen aproximado de 14 m³ /s y son de tipo mixto, habida cuenta que llevan consigo, además de residuos orgánicos, pesticidas, metales pesados, detergentes, aceites e hidrocarburos, tóxicos de curtiembres, textiles, industrias químicas y de pinturas; desechos de alto riesgo provenientes de laboratorios y de hospitales, entre otros.



Figura 3.5.- Vertimiento del Colector 6 en el río Rímac (Foto G. Sánchez, 2006).

Los ríos Rímac y Chillón a lo largo de su recorrido y principalmente en sus cuencas bajas, reciben los vertimientos de aguas residuales domésticas e industriales, mediante colectores municipales (Figura 3.5), como también de efluentes industriales sin mayor tratamiento, estas aguas contaminadas finalmente son descargadas al mar, contaminando los organismos marinos que habitan el litoral costero del Callao.

En la Tabla 3.3, se observa que los flujos promedio de aguas residuales medidos en 1995 se incrementarán en 3,45% para el 2015, con el correspondiente impacto a la salud del ecosistema marino. Sin embargo, se debe mencionar que el colector costanero (bahía Miraflores), fue cerrado por SEDAPAL en el año 2008 y las aguas servidas fueron derivadas y están vertiéndose por la zona de Taboada en bahía del Callao; por lo cual al año 2015 los vertimientos de aguas residuales domésticas en un 100% serán vertidas en dicha bahía con tratamiento primario a través de la PTAR Taboada.

Tabla 3.3.- Flujos promedios proyectados al 2024 de aguas residuales según la población estimada

Áreas de drenaje		Población Proyectada		Flujos promedios en aguas residuales (m ³ /s)		
				Medidos	Proyectados	
		2015	2024	1995	2015	2024
A	Comas	1 777,000	1 927,000	2,22	3,82	3,25
F	Boca Negra	150,000	150,000	0,43	0,53	0,56
B	Centenario	1 232,000	1 276,000	2,97	4,22	4,34
D	N° 6	1 205,000	1 301,000	2,13	2,42	2,61
C	Costanero	742,000	1 276,000	3,03	3,24	4,14
Total		5 105,000	9 938,000	10,78	14,23	14,90

Fuente: Revista Saneamiento y Medio Ambiente Año 6, N°20. CIPA y APIS (GORE Callao, 2008)

Actualmente, SEDAPAL viene administrando los siguientes colectores:

- **Colector Bocanegra**, que drena los desagües del Aeropuerto y PP.JJ. colindantes (Perú, Bocanegra, Chávez). Tiene problemas por la variabilidad de diámetros que origina averías y roturas. Está situado a 2 km de la margen derecha del Río Rímac y drena un caudal de 0,68 m³/s.
- **Colector Morales Duárez**, ubicado en Carmen de la Legua y drena los desagües del distrito hacia el emisor Centenario.
- **Colector Comas**, que recorre desde el Cono Norte de Lima y cruza por el área agrícola de Oquendo, descargando un caudal promedio de 2.196 m³/s al mar (Tabla 3.4). Estas aguas servidas son reutilizadas por parceleros para el riego agrícola de la zona de Oquendo, dedicada al cultivo de hortalizas, lo cual es un problema de saneamiento, que pone en riesgo a la población que consume estos productos de panllevar.

Tabla 3.4.- Concentraciones de parámetros contaminantes en aguas residuales del Colector Comas.

Parámetro Indicador de Contaminación	Valores
Demanda Bioquímica de Oxígeno	230 mg/L
Sólidos Suspendidos Totales	280 mg/L
Nitrógeno Total	44 mg/L
Fósforo Total	9 mg/L
Amoniaco	25 mg/L
Coliformes fecales	2,0 E+08MN
Temperatura	20°C

Fuente: INCAVI, 2000 (GORE Callao 2008).

- **Colector Ventanilla**, se encuentra conformado por colectores municipales cuyo drenaje es tratado en ocho lagunas de oxidación, estas aguas tratadas son descargadas en acequias de regadío, su caudal de diseño es de 250 L/s.

Los vertimientos de las aguas residuales en la bahía del Callao, contaminan significativamente su litoral, principalmente por coliformes totales y termotolerantes que alcanza hasta las 2.5 mn de la costa.

Para remediar esta grave situación de saneamiento, la EPS SEDAPAL proyectó en el 2008, y en julio del 2010 se inició la etapa de construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Taboada – PTAR Taboada. Esto mejorará la calidad del agua de mar, beneficiando a 4 millones de habitantes de Lima Metropolitana y el Callao.

La capacidad de la planta de tratamiento es de 14 m³ /s y la descarga al mar se realizará a través de un emisor submarino de 3.000 metros de longitud y 3 metros de diámetro; la obra tiene un costo de inversión de 150 millones de dólares y se culminará en el 2011.

Por otro lado, en la actualidad está en pleno funcionamiento la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas de Puente Piedra que fue impulsada por la EPS SEDAPAL, ubicada en la margen izquierda del río Chillón, provincia de Lima. La planta está diseñada para tratar los desagües de la población del cono norte de Lima, que en una primera etapa trata hasta nivel terciario el volumen de 422 L/s de aguas residuales, estas aguas tratadas son utilizadas para el riego de la zona agropecuaria del valle del Chillón y de los parques de la Región Callao.

ANEXO 4

Normas Nacionales y otros Instrumentos de Gestión Ambiental Internacional

Fuente: Informe Nacional sobre el Estado del Ambiente Marino del Perú. Ministerio de la
Producción – Instituto del Mar del Perú

El Perú ha firmado y ratificado Normas Internacionales sobre la protección y conservación del medio ambiente, los cuales han sido adoptados en las normas y programas nacionales, algunas no vinculantes como el Programa de Acción Mundial para la Protección del Medio Marino de Fuentes Terrestres de Contaminación, que se constituyen en un medio orientador para la gestión del ambiente marino costero del país.

A continuación, se alcanza algunas de las normas adoptadas:

- AGENDA 21, CAPÍTULO 17 SOBRE MARES Y OCÉANOS, ZONAS INSULARES, señala que el medio ambiente marino y las zonas costeras deben ser protegidos y su uso debe ser racional para permitir el desarrollo de los recursos vivos y evitar la saturación en el uso de los espacios costeros promoviendo para tal fin el uso de la herramienta de gestión denominada Manejo integrado de Zonas Costeras (MIZC).
- CONVENIO INTERNACIONAL PARA PREVENIR LA CONTAMINACIÓN POR BUQUES, 1973, en su forma modificada por el correspondiente Protocolo de 1978, (MARPOL 73/78), adheridos con Decreto Ley 22703 y 22954 del 25 de setiembre de 1979 y 26 de marzo de 1980 respectivamente, tiene por finalidad prevenir la contaminación del medio marino por la descarga de sustancias o efluentes contaminantes, provenientes de los buques u otro tipo de instalación acuática.
- PLAN DE ACCIÓN PARA LA PROTECCIÓN DEL MEDIO MARINO Y ÁREAS COSTERAS DEL PACÍFICO SUDESTE, adheridos con Resolución Legislativa 24926 del 10 de noviembre de 1986. El objetivo principal de este mecanismo de cooperación regional es la protección del

- medio marino y las áreas costeras para promover la preservación de la salud y el bienestar de las generaciones presentes y futuras.
- PROTOCOLO PARA LA PROTECCIÓN DEL PACÍFICO SUDESTE CONTRA LA CONTAMINACIÓN PROVENIENTE DE FUENTES TERRESTRES, adheridas con Resolución Legislativa N° 24926, del 25 octubre de 1988, ratificado el 02 de diciembre de 1988. En su artículo III, menciona que *“individualmente, o por medio de la cooperación bilateral o multilateral, en adoptar las medidas apropiadas, de acuerdo con las disposiciones del presente Protocolo, para prevenir, reducir o controlar la contaminación del medio marino procedente de fuentes terrestres, cuando produzcan o puedan producir efectos nocivos tales como daños a los recursos vivos y la vida marina, peligros para la salud humana, obstaculización de las actividades marinas, incluso la pesca y otros usos legítimos del mar, deterioro de la calidad del agua del mar para su utilización y menoscabo de los lugares de esparcimiento”*.
 - CONVENIO INTERNACIONAL PARA LA SEGURIDAD DE LA VIDA HUMANA EN EL MAR, 1974, SOLAS 1974 y su Protocolo de 1978, adheridos con Decreto Ley N° 22681 del 18 de setiembre de 1979, referido al capítulo VII sobre el transporte de Mercancías Peligrosas (Código IMDG). ACUERDO SOBRE LA “COOPERACIÓN REGIONAL PARA EL COMBATE CONTRA LA CONTAMINACIÓN DEL PACÍFICO SUDESTE POR HIDROCARBUROS Y OTRAS SUSTANCIAS NOCIVAS”, adheridos con Resolución Legislativa N° 24929 del 25 de octubre de 1988, ratificado el 29 de diciembre de 1988.
 - CONVENIO PARA LA PROTECCIÓN DEL MEDIO MARINO Y LA ZONA COSTERA DEL PACÍFICO SUDESTE. Lima, 12 de noviembre de 1981. Ratificado por Resolución Legislativa N° 24926 del 25 de octubre de 1988. Entró en vigencia el 27 de diciembre de 1988. Establece las medidas para prevenir, reducir y controlar la contaminación del medio marino y zonas costeras del Pacífico Sudeste y para asegurar una adecuada gestión ambiental de los recursos naturales.
 - PROTOCOLO COMPLEMENTARIO DEL ACUERDO SOBRE LA COOPERACIÓN REGIONAL PARA EL COMBATE CONTRA LA CONTAMINACIÓN DEL PACÍFICO SUDESTE POR HIDROCARBUROS

- Y OTRAS SUSTANCIAS NOCIVAS. Quito, 22 de julio de 1983. Ratificado por Resolución Legislativa N° 24929 del 25 de octubre de 1988. Entró en vigencia el 07 de febrero de 1989. Establece entre otros, mecanismos para la Cooperación en caso de Derrames, considerando la designación de la autoridad encargada de solicitar u otorgar la asistencia en casos de emergencia, así como de informar a las Altas Partes Contratantes, acerca de los expertos, equipos, material fungible y otros elementos que esté en condiciones de otorgar en casos de emergencia.
- CONVENIO RELATIVO A HUMEDALES DE IMPORTANCIA INTERNACIONAL ESPECIALMENTE COMO HÁBITATS DE AVES ACUÁTICAS. RAMSAR, 02 de febrero de 1971. Ratificado por Resolución Legislativa N° 25353 del 23 de noviembre de 1991. Entró en vigencia el 30 de julio de 1992. Su principal objetivo es la conservación y el uso racional de los humedales mediante acciones locales, regionales y nacionales, con el apoyo de la cooperación internacional, lograr el desarrollo sostenible en todo el mundo.
 - PROTOCOLO CON VISTAS A MODIFICAR LA CONVENCION SOBRE LOS HUMEDALES DE IMPORTANCIA INTERNACIONAL ESPECIALMENTE COMO HÁBITATS DE AVES ACUÁTICAS. París, 03 de diciembre de 1982. Ratificado por Resolución Legislativa N° 25353 del 23 de noviembre de 1991. Entró en vigencia el 30 de julio de 1992.
 - CONVENIO SOBRE DIVERSIDAD BIOLÓGICA, ratificado por Resolución Legislativa N° 26181 del 30 de abril de 1993. Entró en vigencia el 07 de setiembre de 1993, tiene como objetivo la conservación de la biodiversidad, el uso sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa de los beneficios resultantes de la utilización de los recursos genéticos.
 - CONVENIO MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO. Ratificado por Resolución Legislativa N° 26185 del 10 de mayo de 1993. Entró en vigencia el 21 de marzo de 1994. Tiene como objetivo, el lograr de conformidad con las disposiciones pertinentes de la Convención, la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático.

- CONVENIO DE BASILEA SOBRE EL CONTROL DE LOS MOVIMIENTOS TRANSFRONTERIZOS DE LOS DESECHOS PELIGROSOS Y SU ELIMINACIÓN. Basilea, 22 de marzo de 1989. Ratificado por Resolución Legislativa N° 26234 del 19 de octubre de 1993. Entró en vigencia el 17 de octubre de 1995. Exige la promulgación de disposiciones legislativas nacionales adecuadas para prevenir y castigar el tráfico ilícito de desechos peligrosos y otros desechos, así también obliga a los signatarios a asegurar que dichos desechos se manejen y eliminen de manera ambientalmente racional.
- PROTOCOLO PARA LA PROTECCIÓN DEL PACÍFICO SUDESTE CONTRA LA CONTAMINACIÓN RADIATIVA. Paipa, 21 de setiembre de 1989. Ratificado por Resolución Legislativa N° 26477 del 14 de junio de 1995. Entró en vigencia el 17 de octubre de 1995. Establece normas, principios, criterios y obligaciones generales sobre la prohibición de todo vertimiento de desechos radiactivos y otras sustancias radiactivas en el mar y/o en su lecho.
- PROTOCOLO PARA LA CONSERVACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE LAS ÁREAS MARINAS Y COSTERA PROTEGIDAS DEL PACÍFICO SUDESTE. Paipa, 21 de setiembre de 1989. Ratificado por Resolución Legislativa N° 26468. Entró en vigencia el 17 de octubre de 1995. Establece compromisos de los signatarios para la adopción de medidas apropiadas a fin de proteger y preservar los ecosistemas frágiles, vulnerables o de valor natural o cultural único, con particular énfasis en la flora y fauna amenazadas o en peligro de extinción.
- CONVENCIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS DE LUCHA CONTRA LA DESERTIFICACIÓN EN LOS PAÍSES AFECTADOS POR SEQUÍA GRAVE O DESERTIFICACIÓN. París, 17 de junio de 1994. Ratificado por Resolución Legislativa N° 26536 del 02 de octubre de 1995. Entró en vigencia el 26 de diciembre de 1996; tiene por objeto luchar contra la desertización y reducir los efectos de la sequía en los países gravemente afectados por la sequía o la desertización.
- PROTOCOLO SOBRE EL PROGRAMA PARA EL ESTUDIO REGIONAL DEL FENÓMENO DEL NIÑO EN EL PACÍFICO SUDESTE (ERFEN).

Lima, 06 de noviembre de 1992. Ratificado por Resolución Legislativa N° 26858 del 16 de setiembre de 1997. Entró en vigencia el 20 de diciembre de 1997. Establece compromisos de los signatarios para realizar investigaciones científicas, integrales, multidisciplinarias y coordinadas sobre El Niño Oscilación del Sur (ENOS) en sus fases cálidas (El Niño) y fría (La Niña) en la región ERFEN, a través de la participación de las instituciones científicas de la región y el aprovechamiento máximo de las capacidades nacionales, en los ámbitos oceanográfico, meteorológico, biológico-pesquero y socio-económico.

- CONVENIO INTERNACIONAL SOBRE LA COOPERACIÓN, PREPARACIÓN Y LUCHA CONTRA LA CONTAMINACIÓN POR HIDROCARBUROS, 1990, OPRC90, adheridos con Resolución Legislativa N° 27554 del 19 de noviembre de 2001. Establece los lineamientos para formular un sistema nacional para hacer frente con prontitud y de manera eficaz a los sucesos de contaminación por hidrocarburos, promoviendo entre otros, la cooperación internacional en cuestiones de intercambio de información, con respecto a la capacidad de los estados para luchar contra los sucesos de contaminación por hidrocarburos; así como mantener la investigación y el desarrollo en relación con los medios de lucha contra la contaminación por hidrocarburos en el medio marino y la asistencia técnica mutua.
- PROTOCOLO DE KYOTO DE LA CONVENCION MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO. aprobado mediante Resolución Legislativa N° 27824, de 06 de setiembre de 2002. Ratificado por Decreto Supremo N° 080-2002-RE del 10 de setiembre de 2002. Entró en vigencia el 11 de setiembre de 2002, tiene por objeto reducir las emisiones de gases de efecto invernadero del mundo industrializado en 2012. Tiene por objetivo luchar contra el cambio climático mediante una acción internacional de reducción de las emisiones de determinados gases de efecto invernadero responsables del calentamiento del planeta. Uno de los propósitos actuales del Protocolo de Kioto es conseguir reducir un 5,2% las emisiones de estos gases sobre los niveles de 1990 para el periodo 2008-2012.

- PROTOCOLO DE 1992 QUE ENMIENDA EL CONVENIO INTERNACIONAL SOBRE RESPONSABILIDAD CIVIL NACIDA DE DAÑOS DEBIDOS A LA CONTAMINACIÓN POR HIDROCARBUROS 1969, aprobado mediante Resolución Legislativa N° 28065 del 15 de agosto de 2003, ratificado mediante Decreto Supremo N° 121- 2003-RE del 10 de octubre de 2003, establece el derecho de los signatarios para reclamar indemnización de daños ocasionados por contaminación.
- PROTOCOLO DE CARTAGENA SOBRE SEGURIDAD DE LA BIOTECNOLOGÍA DEL CONVENIO SOBRE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA. Ratificado por Resolución Legislativa N° 28170 del 15 de febrero de 2004. tiene por objetivo contribuir a asegurar un nivel adecuado de protección en la esfera de la transferencia, manipulación y utilización seguras de los Organismos Vivos Modificados (OVMs), así como la biotecnología moderna que puede tener efectos adversos para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica, teniendo también en cuenta los riesgos para la salud humana, y centrándose concretamente en los movimientos transfronterizos.
- CONVENIO DE ESTOCOLMO SOBRE CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES. Ratificado por el Perú en el 2005. Entró en vigor en Diciembre del 2005, tiene como objetivo proteger la salud humana y el medio ambiente frente a los contaminantes orgánicos persistentes.

ANEXO 5

Pesquería

Fuente: Informe Nacional sobre el Estado del Ambiente Marino del Perú. Ministerio de la
Producción – Instituto del Mar del Perú

Pesquería Industrial

La pesquería industrial marítima en el Perú se sustenta en la gran productividad del ecosistema de afloramiento peruano; el cual también presenta una alta variabilidad (AGÜERO 2007, BAKUN y WEEKS 2008, BOUCHON et al. 2009), lo cual favorece el desarrollo de pesquerías industriales tanto pelágicas como demersales; la pelágica es la de mayor relevancia, constituida principalmente por anchoveta (>90%) y especies acompañantes, no menos importantes, como el jurel y la caballa.

La actividad pesquera es cualitativamente importante para la economía peruana, por su inmensa capacidad de provisión de alimentos de alto contenido proteico y de materias primas para la industria procesadora de harina y aceite de pescado. Cuantitativamente su aporte también es destacable: aporta anualmente entre el 6% y 8% del total de divisas y representa el 0.5% del producto bruto interno (INFOPECA 2010).

El Instituto del Mar del Perú (IMARPE) realiza la investigación científica de los recursos pesqueros, así como del medio marino; contando con una serie de tiempo de captura y esfuerzo, obtenida de los registros diarios de la actividad extractiva ejercida por cada unidad de pesca (embarcación), en términos de desembarques y viajes, por especies y puertos, y se determina la composición por especies mediante la metodología aplicada por BOUCHON et al. (1997).

La pesquería más grande del mundo, está sustentada por la anchoveta *Engraulis ringens*, calificada como pesquería monoespecífica (FAO 2008). La pesca industrial marítima peruana, es una de las actividades económicas más importantes, sustenta más del 90% del PBI pesquero, que en los últimos cinco

años ha aportado un promedio aproximado de 1800 millones FOB anuales de exportación (BOUCHON et al. 2010) y proporciona trabajo directo e indirecto al 2% de la población económicamente activa (INEI 2009).

Cabe resaltar que, en el 2009, la flota industrial de cerco estuvo conformada por 1166 embarcaciones; 579 fueron industriales de acero y 589 de madera, denominadas “vikingas”. La flota durante el 2009 tuvo 181 días efectivos de pesca. También es importante señalar que a partir del 2009 se dio un nuevo Régimen de Pesca (D.L. 1084) para ser administrada, por los Límites Máximos de Captura por Embarcación (LMCE).

En el desembarque de los principales recursos pelágicos, se aprecia que en el periodo 2003 a 2009 la anchoveta tuvo un máximo de captura de 8,6 millones de tn, que coincidió con un año de “calentamiento” EN débil (2004 y 2008). El tonelaje de anchoveta ha fluctuado de 6,1 millones de toneladas en el año 2008 a 5,8 millones de toneladas en el 2009.

Las capturas de jurel y caballa, son más exitosas en verano; en el invierno su captura fue más pobre, pues presentó una distribución espacial dispersa. Es importante señalar que estas especies se acercan a la costa con las aguas subtropicales superficiales (ASS) especialmente en años cálidos o con eventos EL Niño.

En el Perú los últimos cinco años, los tonelajes anuales de captura de jurel fluctuaron entre 47 y 256 mil toneladas, con una merma progresiva del 2006 al 2009, con 26000 t (Tabla 5.11), es importante señalar en este periodo el evento La Niña estuvo presente en los años 2005, 2006, 2007 y 2009.

Las mayores capturas de caballa se registraron durante 1998 y 1999. En el período 2003-2006 las capturas anuales de caballa variaron entre 40 y 126 mil toneladas, y en los últimos años la captura promedio anual fue de 80000 t. Las poblaciones de sardina, han estado muy bajas en los últimos años y la samasa, es una especie favorecida en los eventos El Niño.

Es importante destacar en este periodo, la disminución de las capturas de la zona norte y el incremento de ellas en las zonas centro y sur del litoral peruano, que constituyen en la actualidad las principales áreas de pesca.

Tabla 5.11.- Captura de los principales recursos pelágicos desde 2003 al 2010 (t/año)*

Años	ANCHOVETA	SARDINA	JUREL	CABALLA	SAMASA
2003	5128492	360	134975	125 874	16140
04	8615696	363		63 574	5193
05	8580729	6	46769	39 818	690
06	5853019	1	256318	116 820	0
07	6029753	4	188450	52 201	10
08	6093870	0	120749	82270	0
09	5759637	0	26112	84826	10
10*	2900017	0	1	2 414	226

* Cifras no oficiales - Para uso científico. IMARPE, 2010

Es importante señalar que la industria pesquera de consumo humano directo (CHD) en la última década, utilizando tecnologías limpias, ha incrementado sus niveles de producción lo cual ha permitido obtener productos de mayor calidad y competitividad en el mercado internacional. A pesar del esfuerzo técnico económico que el sector industrial productivo viene desarrollando, subsisten las implicancias ambientales que dichas actividades ejercen sobre la calidad del medio ambiente.

En ese sentido, de los recursos destinados al consumo humano directo, el 52% (648.000 t) se destina para la elaboración de congelados (pota, jurel, caballa y merluza), el 29% (364.000 t) para el consumo en estado fresco (jurel, bonito y pota), 16% (200.000 t) se destina para la elaboración de conservas (anchoveta, jurel y caballa), y 44.000 t para la elaboración de curados (Informe PRODUCE, 2010).

Según su origen, el 95% de los recursos pesqueros destinados al consumo humano directo (CHD) corresponde a capturas marinas, y el 5% a especies continentales.

Es importante señalar que gran parte de los recursos pesqueros destinados para el consumo humano directo no son consumidos internamente puesto que existe una importante actividad exportadora (US\$ 600.000.000 anuales), principalmente el envío de crustáceos y moluscos congelados (destacando la pota congelada) y las conservas (Pota y diversos pescados), las mismas que conjuntamente representa casi el 75% del total de las exportaciones pesqueras para consumo humano directo (Informe PRODUCE 2010).

Del total de las conservas de productos pesqueros peruanos, el 38% se destina al mercado externo. La casi totalidad de la producción de congelados se destina a la exportación. La oferta de congelados en el mercado interno, por parte de empresas procesadoras es esporádica y obedece a un negocio de oportunidad (INFOPECA 2010).

Pesca Artesanal

De acuerdo a la Ley General de Pesca y su Reglamento, establecen que la actividad artesanal, es la que se realiza con uso intensivo de mano de obra directa, con o sin embarcaciones; sus productos son destinados al consumo humano directo, salvo el caso específico de la recolección de algas marinas.

En condiciones normales, la pesca marítima artesanal, extendida a lo largo del litoral, ostenta una extracción promedio anual estimada entre 400 mil y 500 mil toneladas, que se destinan al fresco (todo el producto de alto valor comercial y parte importante del consumo popular: pota), congelado (principal proveedor de moluscos, crustáceos y también pescado: pejerrey), curados (toda la producción de salpreso, seco, seco salado y anchoado) y a la conservería (principalmente anchoveta).

La Pesca Artesanal cuenta con 768 Asociaciones de Pescadores Artesanales registrados en la Dirección General de Pesca Artesanal del Viceministerio de

Pesquería del Ministerio de la Producción, para el litoral costero, de las cuales el 33% están ubicadas en el departamento de Piura, el 14% en Ancash, el 14% en Arequipa, el 7% en Lambayeque y el 32% en otras bahías (Tabla 5.15).

Cabe señalar que el sector pesquero artesanal es bastante heterogéneo en medios de producción. Sus embarcaciones fluctúan desde 200 kg hasta 30 t de capacidad de carga; las hay con motor, o sin él. Con equipos básicos para la detección, captura y preservación a bordo, o con solo su herramienta de pesca. Según la última Encuesta (4) 2004-2005 del IMARPE (en adelante: II ENEPA), la flota pesquera marítima artesanal bordeaba las diez mil embarcaciones; de las cuales alrededor del 70%, disponían de una capacidad menor o igual a 10 toneladas (Tabla 5.16).

Tabla 5.15.- Pescadores artesanales del Litoral Peruano

Regiones	Número de Pescadores		
	I ENEPA	II ENEPA	% Variación
Tumbes	2 125	2 861	34,64
Piura	9 103	13 050	43,36
Lambayeque	2 938	1 422	-51,6
La Libertad	1 080	1 221	13,06
Ancash	3 033	3 523	16,16
Lima	3 952	5 613	42,03
Ica	2 372	3 525	48,61
Arequipa	2 318	4 172	79,98
Moquegua	687	1 640	138,72
Tacna	490	700	42,86
Total	28 098	37 727	34,27

Fuente: Pesca Artesanal, PRODUCE, 2010

La II ENEPA revela que al año 2005, sólo alrededor del 3% de los casi cuarenta mil pescadores artesanales entrevistados, alternan la pesca con otra actividad. Esto frente al 17% de 1996 (I ENEPA) reafirma la cada vez menor disponibilidad de alternativas de obtener ingresos; y por otro lado, que la suma del mayor

número de pescadores, al mayor tiempo en la actividad, imprime un sensible incremento de esfuerzo de pesca sobre los recursos.

Tabla 5.16 .- Flota pesquera artesanal en el Litoral Peruano

Regiones	Número de Embarcaciones		
	I ENEPA	II ENEPA	% Variación
Tumbes	468	667	42,52
Piura	2 200	2 898	31,73
Lambayeque	285	222	-22,11
La Libertad	172	333	93,6
Ancash	713	1 294	81,49
Lima	1 286	2 178	69,36
Ica	636	784	23,27
Arequipa	260	816	213,85
Moquegua	126	347	175,4
Tacna	122	128	4,92
Total	6 268	9 667	54,23

Fuente: Pesca Artesanal, PRODUCE, 2010

El estatus económico de la población pesquera artesanal es variado, tiene relación con la disponibilidad y tenencia de los medios de producción, recursos que explotan, condiciones ambientales de la zona en que operan y el nivel de actividad. Hay pescadores no embarcados, tripulantes y propietarios.

Así mismo, los que laboran en embarcaciones pequeñas sin equipo alguno, con volúmenes de pesca sólo de subsistencia (Figura 5.8); como los que trabajan en naves equipadas orientadas a especies de alto valor comercial (bacalao de profundidad, perico, tiburones), o cuya naturaleza y volumen permitan mejores márgenes, caso de los que se orientan a la pesca con redes de cerco, que en faenas cortas (de un día a otro) abastecen a la industria; a diferencia de las llamadas “de altura” que pueden laborar a más de 100 mn, con salidas superiores a una semana y costos operativos altos, justificados por los ingresos que obtienen.

Las diversas actividades (pesca, buceo, procesamiento primario, comercialización) de este sector, son receptoras de los excedentes de mano de obra directa de procesos económicos agotados o en crisis. Sus bajas barreras de entrada y la capacidad de generar ingresos de inmediato, permiten fácil acceso a pobladores locales e inmigrantes que van haciéndose del oficio, pero con grandes limitaciones técnicas, manteniéndose en la informalidad.



Figura 5.8.- Embarcación artesanal en plena faena de pesca.

La pesca está caracterizada por la gran riqueza ictiológica y variedad de mariscos, por lo que se realiza un seguimiento de los desembarques por puertos y por especies, para conocer la variedad de especies que se encuentran en los diferentes caladeros de la costa peruana.

De tal manera que se presenta a continuación los desembarques de los principales recursos hidrobiológicos, en forma separada los invertebrados de los peces y por puerto. Los volúmenes de desembarque por los principales puertos que a continuación se describen están basados en los estimados por puerto y especie durante el periodo 2000 al 2010 (IMARPE, Pesca Artesanal, 2010).

Callao

Es el puerto pesquero artesanal que se ubica dentro del Terminal Marítimo del Callao, con gran tráfico de naves y de notable deterioro del agua de mar.

Por el volumen de desembarque es uno de los principales puertos artesanales, en mariscos o invertebrados (Figura 5.15) y en peces (Figura 5.16). Entre las especies de invertebrados más capturados en los últimos diez años está la concha de abanico *Argopecten purpuratus*, principalmente a partir del 2003 con un máximo de 488 t en el 2004 (Figura 5.15).

El volumen de desembarques de pescado para consumo humado directo, está representado por la anchoveta *Engraulis ringens*, con 79 t en el 2003, llegando en el año 2009 a 30.700 t, (Figura 5.16).

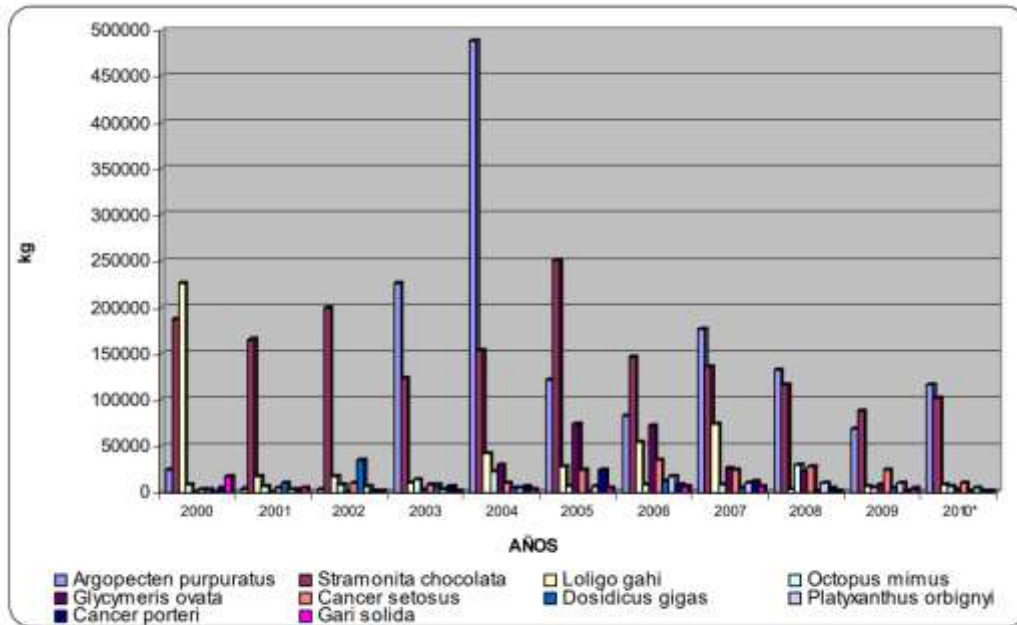


Figura 5.15 Desembarque de invertebrados en Callao. 2000 al 2010.

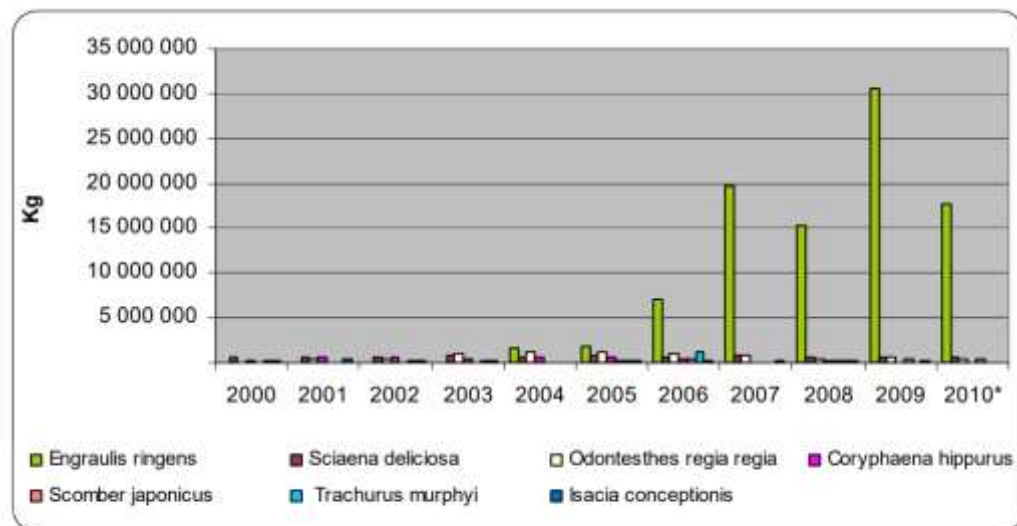


Figura 5.16.- Desembarque de especies de peces en el Callao. Del 2000 al 2010.

ANEXO 6

Indicadores de contaminación del agua superficial marina y dulceacuícola

Fuente: Informe Nacional sobre el Estado del Ambiente Marino del Perú. Ministerio de la
Producción – Instituto del Mar del Perú

Callao

La bahía del Callao es una de las más contaminadas, por las aguas residuales domésticas e industriales, soporta un vertimiento de aguas municipales de aproximadamente 14 m³/s mediante colectores que se vierten al mar sin ningún tratamiento, además de la descarga de los ríos Rímac y Chillón; que en época de avenida alcanzaron en febrero del 2009, un promedio máximo de aforo de 95,8 m³/s y un mínimo de 75,7 m³/s, para el primero de los mencionados y en el caso del Chillón alcanzó un promedio máximo de 29,7 m³/s y un mínimo de 21,4 m³/s (SENAMHI, 2009), transportando partículas en suspensión y cargas contaminantes que son descargadas en la bahía.

Es por ello que se tienen programados dos monitoreos al año, coincidiendo en época de avenida (verano austral) y de época de estiaje (invierno austral). En los monitoreos realizados en los años 2008 y 2010 los coliformes Totales y Termotolerantes se presentaron altos en áreas de influencia de los vertimientos de los colectores domésticos como la zona norte y centro de la bahía. En la Figura 6.11 se observan las concentraciones promedio máximas alcanzadas en el 2008 y 2010 cuyos valores máximos para esos años fueron de $2,4 \times 10^4$ NMP x 100 mL para coliformes totales y termotolerantes; y de $2,4 \times 10^4$ NMP x 100 mL y $4,6 \times 10^3$ NMP x 100 mL respectivamente.

En la zona intermareal la contaminación del agua de mar es muy alta, con valores máximos de $2,4 \times 10^9$ y $2,4 \times 10^9$ NMP x 100 mL para Coliformes Totales y Termotolerantes, respectivamente, estas concentraciones están influenciadas por las aguas de mezcla con los colectores Callao y Comas principalmente y en época de avenida con las aguas que descargan los ríos Rímac y Chillón.

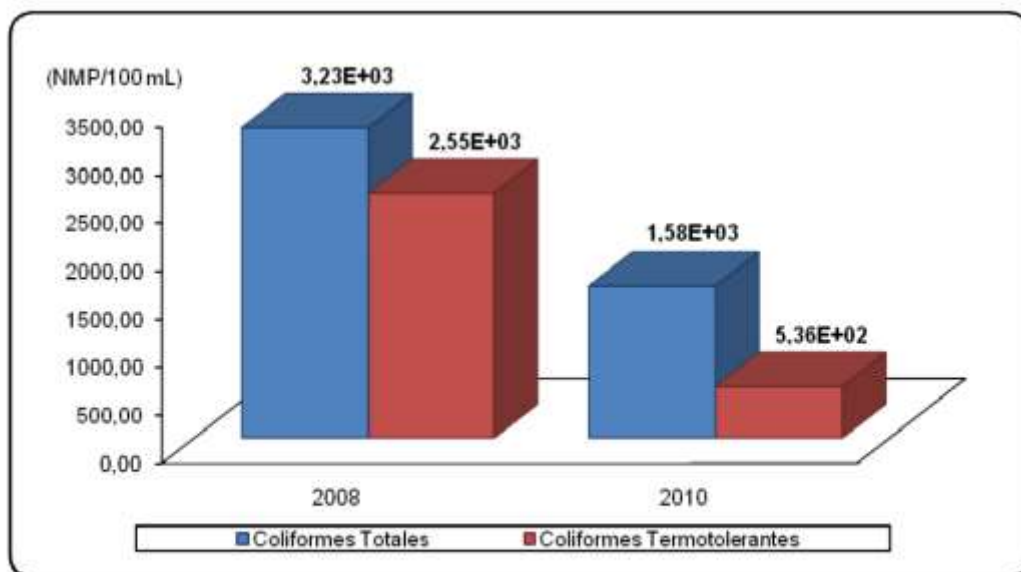


Figura 6.11.- Resultados analíticos promedios de Parámetros Microbiológicos en agua de mar en el litoral de Callao. De 2008 y 2010.

La contaminación por materia orgánica determinada por la DBO5 en agua de mar de la bahía, presentó valores máximos de 8,58 y 8,17 mg/L en los años 2008 y 2010 respectivamente y en la zona intermareal alcanzaron valores de 61,29 mg/L en zona de mezcla con el colector Callao en el 2008 y de 28,19 mg/L, en la zona de mezcla con el colector Bocanegra, muy próximo al colector Callao.

Río Chillón

Este río descarga sus aguas en la bahía del Callao y en su cauce se vierte las aguas servidas de poblaciones situadas en sus riberas, así como aguas de escorrentía agrícola, apreciándose en época de estiaje la acumulación de residuos sólidos a lo largo de sus márgenes, que en época de avenida son depositadas en la zona intermareal.

El monitoreo de las aguas del citado río en el año 2008, en las tres estaciones fijas de la cuenca baja, presentó alta contaminación microbiológica (Figura 6.16), con concentraciones de $1,5 \times 10^7$ NMP x100 mL de coliformes totales y de $1,5 \times 10^6$ NMP x 1000 mL de coliformes termotolerantes, esta contaminación también se comprobó durante el monitoreo de abril del 2010, con concentraciones de

coliformes que superaron los estándares de calidad de agua vigentes para los ECAs de la Categoría 4, Conservación del ambiente acuático de ríos de la costa.

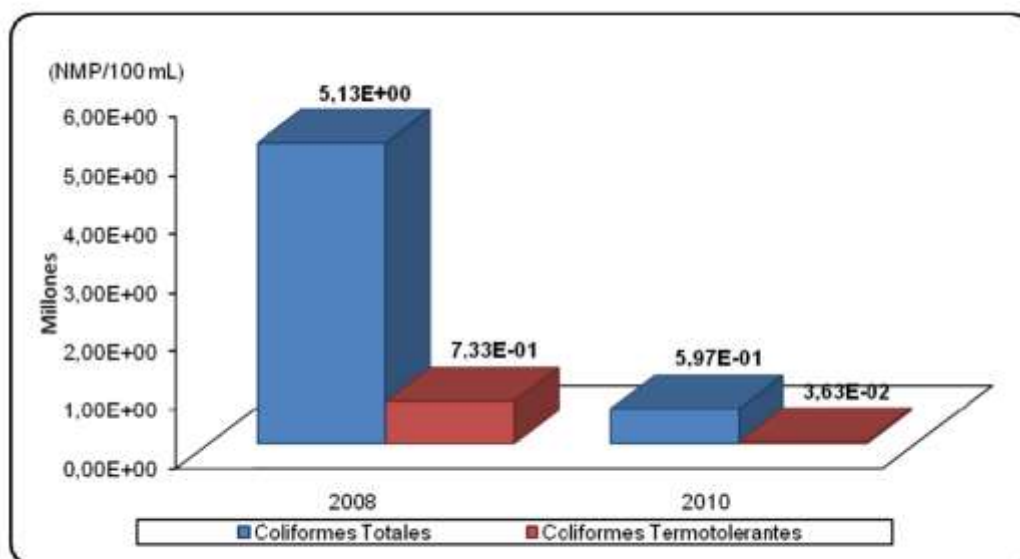


Figura 6.16.- Resultados analíticos promedios 2008 y 2010, de parámetros microbiológicos en aguas del río Chillón en el litoral de Callao.

Río Rímac

Sus aguas descargan en la bahía del Callao con media anual de 28,76 m³/s, presentando fuerte contaminación por aguas servidas, industriales y residuos sólidos que son depositados por las poblaciones asentadas en área aluviales. En los monitoreos realizados en el 2008 y 2010, sus aguas presentaban altas concentraciones de cargas orgánicas con una DBO₅ hasta 77,22 mg/L y coliformes totales de $2,4 \times 10^9$ NMP x 100 mL y de coliformes termotolerantes de $9,3 \times 10^8$ NMP x 100 mL. En el 2010, las concentraciones de CT y CTT fueron más bajas, pero no menos importantes, ya que se encontró $2,3 \times 10^6$ NMP x 100 mL para ambos parámetros (Figura 6.17).

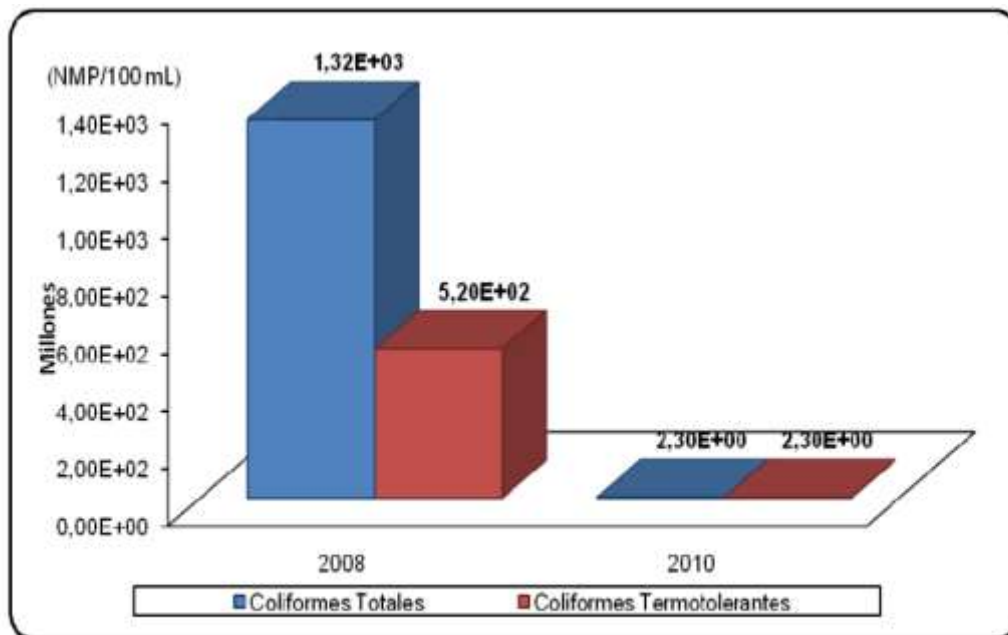


Figura 6.17.-Resultados analíticos promedios 2008 y 2010 de parámetros microbiológicos en agua del río Rímac en el litoral de Callao.

ANEXO 7

Fotografías de Peces Pelágico

Figura 6.

Pejerrey (Odontesthes regia regia)



PEJERRY /SILVER SMELT

Orden	ATHERINIFORMES
Familia	ATERINOPSIDOS
Especie	ODONTESTHES REGIA REGIA
Temporada	JUNIO A OCTUBRE
Zona de Captura	FAO 87
Tipo de Congelación	CONGELADO EN TIERRA

Información Nutricional

Proteínas (gr)	19.6%
Grasas	2.4 %
Humedad	76.5%
Sales minerales	1.4%
Calorías	133

Fuente: <https://www.smartsea.pe/pejerrey.html>

Figura 7.

Lorna (*Sciaena deliciosa*)



CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA [5]

Reino	:	Animalia
Phylum	:	Chordata
Clase	:	Actinopterygii
Orden	:	Perciformes
Familia	:	Sciaenidae
Género	:	<i>Sciaena</i>

NOMBRES COMUNES

Español (ES)

Lorna [1]

FAO (ES)

Roncacho [2]

FAO (EN)

Lorna drum [2]

Fuente: <http://biodiversidadacuatica.imarpe.gob.pe/Catalogo/Especie?id=174>

Figura 8.

Lisa (Mugil cephalus)



Pez : Lisa

Familia : Mugilidae

Nombre Científico : Mugil cephalus

Nombre Comùn : Lisa comùn , Lisa rayada , Striped mullet .

Características : pez alargado , de color gris azulado oliva en el dorso , con franjas pardas a los costados .

Frecuentes en los puertos y desembocadura de rios .

Forman cardùmenes en àreas de fondo arenoso , los adultos nadan cerca de la superficie, pròximos a los arrecifes .

Profundidad : de 0 a 100 mts .

Distribuciòn geogràfica : Bahía de San Francisco (USA) hasta Valdivia (Chile) .

Recomendaciones para su captura :Peso minimo para su captura 500 grs.

Fuente: <https://es-la.facebook.com/aquadictos/posts/1354796511275210/>