



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

“CONTAMINACIÓN POR MERCURIO
EN EL FILETE DE PEJERREY
(*ODONTESTHES REGIA REGIA*) EN LAS
CALETAS ARTESANALES PESQUERAS
DE LOS DISTRITOS DE CHORRILLOS,
PUCUSANA Y PARACAS”

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAESTRO EN EPIDEMIOLOGÍA Y SALUD
PÚBLICA EN VETERINARIA

MANUEL ENRIQUE SIME BISTOLFI

LIMA - PERÚ

2023

ASESOR

Mg. Daphne Jhoanna León Córdova

JURADO DE TESIS

DRA. GALY JUANA MENDOZA TORRES

PRESIDENTE

MG. NESTOR GERARDO FALCÓN PÉREZ

VOCAL

MG. FARIVA TRILCE VICUÑA ALVARADO

SECRETARIA

DEDICATORIA.

A Jesucristo, verdadero Dios y verdadero hombre.

A María Santísima, Reina Inmaculada y Asunta al Cielo.

AGRADECIMIENTOS.

A mis padres, Manuel y Margarita.

A mi hermano, Santiago.

A mi novia, Marisol.

A mi asesora, la Mg. Daphne Jhoanna León Córdova.

A la Mg. Virginia Micaela De la Puente León

Al M.V Carlos Manuel Zariquiey Morcos

A la M.V. Andrea Campos Nieves

FUENTES DE FINANCIAMIENTO.

Tesis Autofinanciada

CONTAMINACIÓN POR MERCURIO EN EL FILETE DE PEJERREY (ODONTESTHES REGIA REGIA) EN LAS CALETAS ARTESANALES PESQUERAS DE LOS DISTRITOS DE CHORRILLOS, PUCUSANA Y PARACAS

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	1%
2	Submitted to Universidad Catolica Los Angeles de Chimbote Trabajo del estudiante	1%
3	repositorio.itp.gob.pe Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad Técnica de Machala Trabajo del estudiante	1%
5	www.uan.edu.mx Fuente de Internet	1%
6	docplayer.es Fuente de Internet	<1%
7	revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	<1%

repositorio.unan.edu.ni

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN
ABSTRACT

I. INTRODUCCIÓN.....	1
I.1. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO:	1
1.1.1. El mar peruano y las principales especies de consumo humano:	1
1.1.2. El pejerrey (<i>O. regia regia</i>):	3
1.1.3. Filete:	4
1.1.4. Inocuidad alimentaria:	4
1.1.5. Contaminación en los alimentos:	5
1.1.6. Contaminación por mercurio:	6
1.1.7. Estudios similares:	8
1.1.8. Niveles máximos permisibles de mercurio en recursos hidrobiológicos para consumo humano:	10
1.1.9. Efectos del mercurio en la salud humana:	10
I.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:	12
I.3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO:	13
II. HIPÓTESIS	15
III. OBJETIVOS	16
III.1. OBJETIVO GENERAL:	16
III.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	16
IV. METODOLOGÍA	17
IV.1. LUGAR DE ESTUDIO:	17
IV.2. TIPO DE ESTUDIO:	17
IV.3. POBLACIÓN, MUESTRA U OBJETO DE ESTUDIO:	17
IV.4. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN:	18
IV.5. TAMAÑO DE MUESTRA:	18
IV.6. RECOLECCIÓN DE MUESTRAS E INFORMACIÓN:	19
IV.7. PROCEDIMIENTO:	20
IV.8. MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS:	22
IV.9. CONSIDERACIONES ÉTICAS:	24
IV.10. ANÁLISIS DE DATOS	24
V. RESULTADOS	25
VI. DISCUSIÓN	29
VII. CONCLUSIONES	34
VIII. RECOMENDACIONES	35
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36
X. ANEXOS	

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evidenciar la presencia de mercurio (Hg) total en filete de pejerrey (*Odontesthes regia regia*) obtenido de pesca artesanal del mar adyacente a la caleta de pescadores de los distritos de Chorrillos y Pucusana en la región Lima, y Paracas en la región Ica. En cada lugar se tomó una muestra de 10 pescados y se obtuvo una porción del filete de cada uno para cuantificar el Hg total mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica. Los niveles de Hg total se encontraron entre 0.001 - 0.008 mg/kg. Estadísticamente, se encontró correlación lineal no significativa entre los niveles de Hg total y la longitud de los pejerreyes ($p=0.3318$), asimismo, entre los niveles de Hg total y el peso de los pejerreyes ($p=0.3789$). En conclusión, las concentraciones de Hg total hallados en los pejerreyes muestreados, se encontraron por debajo del nivel máximo permisible para consumo humano.

PALABRAS CLAVE:

CALETA ARTESANAL PESQUERA, CONTAMINANTE, FILETE, INOCUIDAD ALIMENTARIA, MERCURIO, PEJERREY.

ABSTRACT

The objective of this research was to demonstrate the presence of total mercury (Hg) in the fillet of the Peruvian silverside fish (*Odontesthes regia regia*) obtained from artisanal fishing from the sea adjacent to the fishermen's cove of the districts of Chorrillos and Pucusana in the Lima region, and Paracas in the Ica region. In each district, a sample of 10 fish was taken and a portion of the fillet was obtained from each one to quantify the total Hg using the technique of atomic absorption spectrophotometry. Total Hg levels were found between 0.001 - 0.008 mg/kg. Statistically, there was no significant linear correlation between the levels of total Hg and the length of the Peruvian silversides fish ($p=0.3318$), as well as the levels of total Hg and the weight of the Peruvian silversides fish ($p=0.3789$). In conclusion, the total Hg concentrations found in the sampled Peruvian silversides fish were below the permissible maximum level for human consumption.

KEYWORDS:

ARTISANAL FISHING COVE, CONTAMINANT, FILLET, INNOCUOUS
FOOD, MERCURY, PERUVIAN SILVERSIDE FIS

I. INTRODUCCIÓN

I.1. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO:

1.1.1. El mar peruano y las principales especies de consumo humano:

La superficie de actividad pesquera artesanal, en la cual se obtienen una variedad de recursos, constituye la franja paralela a la costa (hasta 20 millas aproximadamente). De esta superficie, el mar peruano se extiende de norte a sur en una franja litoral de 3080 Km, abarcando una superficie de 960 000 Km² (Zapata, 1989).

Lo que favorece el desarrollo de la productividad de grandes cantidades de recursos pesqueros es que el mar peruano se encuentra ubicado en el área de afloramiento más importante del mundo en el que ningún otro ecosistema marino ha superado. Por lo tanto, el mar peruano posee una inmensurable cadena trófica (Bakun y Weeks, 2008).

La costa del Perú posee 125 islas, además de 2 islotes; a su vez, presenta heterogeneidad en su geografía y tiene variedad de hábitats, recursos y ecosistemas. Otro dato a considerar es que la Corriente de Humboldt atraviesa el mar peruano. La misma, produce un desplazamiento vertical de afloramiento atrayendo a la superficie nutrientes que promueven el crecimiento y la reproducción del fitoplancton, y por consiguiente, aumentan la productividad biológica. La producción pesquera en el norte del mar peruano es superior a cualquier otra región del mundo. Con menos del 0.1% de la superficie oceánica, el

Perú es responsable del 10% de la colecta de recursos marinos a nivel mundial (Guevara Carrasco y Bertrand, 2017).

El consumo per cápita de pescado en el Perú para el 2018 fue de 16.5 kilogramos por habitante (kg/hab.) y el consumo para Lima y Callao fue de 17.5 kg/hab. (Ministerio de la Producción, 2019). Asimismo, de acuerdo al tipo de recurso hidrobiológico, el segundo pescado costero más consumido para el 2018 fue el pejerrey (*Odontesthes regia regia*) con 0.2 kg/hab. (Ministerio de la Producción, 2019); el Anexo 1 se muestra los 12 pescados más consumidos en el Perú en el año 2018. El desembarque de recursos hidrobiológicos costeros para el año en mención fue de: lisa (*Mugil cephalus*), 25 190 toneladas métricas (tm), lorna (*Sciaena deliciosa*), 7 237 tm y pejerrey, 5 431 tm (Ministerio de la Producción, 2019).

Caleta artesanal pesquera:

Según la Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (BCN), una caleta artesanal de pescadores se refiere a aquella unidad económica, productiva, cultural y social, delimitada por un área geográfica, en donde se realizan actividades propias de la pesca artesanal (Anexo 2).

En tales caletas, por darse la pesca de manera artesanal, no existe tecnología para rastrear o ubicar cardúmenes para que sea posible una extracción mayor y eficiente. En ese sentido, los pescadores salen a realizar sus actividades en embarcaciones simples, las que pueden llegar a ponerlos en peligro ante el acontecimiento de oleajes. Si bien, esta actividad pesquera no genera grandes ganancias a los pescadores, representa una fuente de ingreso económico. Armando

Paiva, dirigente del Sindicato de Pescadores Artesanales El Toril (Paita, Piura), mencionó que un pescador puede ganar aproximadamente mil soles al mes (Cárdenas y Salazar, 2023).

El conocimiento innato sobre el comportamiento y disponibilidad de los recursos en función de los cambios en el ambiente ha permitido que el pescador artesanal en el Perú aproveche los recursos cuando son más accesibles. La pesca artesanal data de la época prehispánica. El poblador peruano desarrolló una tecnología de extracción, conservación y utilización de los recursos, lo cual es evidencia de su larga tradición en la pesquería artesanal (Wosnitza-Mendo *et al.*, 1988).

1.1.2. El pejerrey (*O. regia regia*):

El pejerrey (*O. regia regia*) (Humboldt, 1821), de la familia *Atherinidae* es un pez costero que habita en aguas poco profundas entre 0 a 50 metros (GEF *et al.*, 2002). Se lo puede encontrar en fondos arenosos con vegetación y estuarios y los juveniles frecuentemente entran a mar abierto. Se distribuye desde punta Aguja (Perú) hasta Iquique (Chile) (Chirichigno y Cornejo, 2001). Esta especie se alimenta de diversos organismos como crustáceos móviles bentónicos y gusanos móviles bentónicos, además del plancton (Robertson y Allen, 2015), lo que lo posiciona como un sensor biológico de contaminación.

El pejerrey posee un cuerpo alargado con un promedio de 15 cm, con dos aletas dorsales separadas. Se caracteriza porque tiene una aleta caudal color amarilla (Anexo 3) (Barriga Sánchez *et al.*, 2012). El pejerrey se consume de

diversas maneras en el Perú. Se identifican dos platillos íconos con este pescado, como son: el pan con pejerrey frito arrebozado y el ceviche de pejerrey.

Cada 100 gramos (g) de Pejerrey aporta: 0,49 - 1,19 g. de omega 3, 16,45 - 20,16 g. de proteínas (Barriga Sánchez *et al.*, 2012). Macroelementos, 20% de la cantidad diaria recomendada (Ziegler y Filer, 1998), Magnesio (84 - 342 mg), 15% de Potasio (3000 mg) y 25% Fósforo (800 mg) (Barriga Sánchez *et al.*, 2012). La composición proximal se presenta en Anexo 4, los ácidos grasos en el Anexo 5, los componentes minerales en el Anexo 6 y la composición física en el Anexo 7.

1.1.3. Filete:

En términos de carnes, ya sean de aves, reses, pescados u otros, el filete se refiere a aquella porción libre de grasas, nervios, espinas, huesos u otros. Es decir, carne solamente. Así lo manifiesta la Real Academia Española (RAE). En el que hablar cotidiano, al mencionar un filete, automáticamente uno lo relaciona con un alimento para el consumo humano.

1.1.4. Inocuidad alimentaria:

El Codex Alimentarius menciona que la inocuidad alimentaria es la garantía de que un alimento no causará daño a quien lo consuma. Cuando los alimentos son contaminados en niveles inadmisibles de agentes patógenos (bacterias, parásitos y virus) y/o contaminantes químicos, conllevan grandes riesgos para la salud de los consumidores y representan cuantiosas pérdidas

económicas para los individuos afectados, así como para los gobiernos (PAHO, 2021).

El Decreto Legislativo N°1062, aprobó la ley de inocuidad de los alimentos. Fue publicado en el Diario El Peruano el 28 de junio del 2008 y tiene por objeto garantizar la inocuidad de los alimentos que son destinados al consumo del ser humano para proteger su vida y salud, mediante un enfoque integral y preventivo a través de la cadena alimentaria, incluido los piensos. En el numeral segundo del Artículo séptimo, se menciona que un alimento es inocuo cuando “no sea nocivo para la salud, sea calificado como apto para el consumo humano por la autoridad sanitaria competente y no cause daño al consumidor cuando se prepare y/o consuma de acuerdo al uso a que se destina”.

1.1.5. Contaminación en los alimentos:

Según el Codex Alimentarius, un contaminante en los alimentos es “cualquier sustancia, no añadida intencionalmente al alimento, que está presente en dicho como resultado de la producción (incluidas las operaciones realizadas en agricultura, zootecnia y medicina veterinaria), fabricación, elaboración, preparación, tratamiento, envasado, empaquetado, transporte o almacenamiento de dicho alimento o como resultado de la contaminación ambiental. Este término no abarca fragmentos de insectos, pelos de roedores y otras materias extrañas” (WHO, 1995)

1.1.6. Contaminación por mercurio:

Las actividades humanas, especialmente la minería e incineración de carbón, aumentan la movilización del mercurio (Hg) hacia el medio ambiente como la atmósfera, el suelo, el agua dulce y el océano. La mayoría de estas emisiones y liberaciones humanas se han producido desde 1800, en la revolución industrial, quemando carbón, fundiendo mineral y extrayendo oro en todo el mundo (United Nations Environment Programme, 2013). Asimismo, se considera que las mayores fuentes que emiten Hg (antropogénico) a la atmósfera (37%) provienen de la minería de oro artesanal y a pequeña escala (United Nations Environment Programme, 2013) (Anexo 8).

Se estimó que en Madre de Dios, Perú se extraía aproximadamente 16 000 kg de oro al año, y por cada kg de oro extraído se usaban aproximadamente 2.8 kg de Hg (Álvarez *et al.*, 2011). En el año 2002, se añade a la minería artesanal y pequeña minería al marco legal minero con el objetivo de formalizar dicha actividad. En tal sentido, el Congreso de la República del Perú ordenó publicar la Ley de Formalización y Promoción de la Pequeña Minería y la Minería Artesanal (Ley 27651) en la que se expresa que la minería artesanal es una actividad de sustento que se fundamenta en el uso intensivo de recursos humanos que la convierte en una potencial fuente de trabajo y de beneficios adyacentes productivos en las áreas de sus operaciones, las que mayormente se encuentran en zonas apartadas y deprimidas del país. Asimismo, se manifiesta que la pequeña minería es aquella ejercida a pequeña escala, dentro de los límites de extensión y capacidad instalada de producción y/o beneficio establecidos por el artículo 91 de la Ley General de Minería. En tal sentido, la minería artesanal y pequeña minería

incluyen trabajos de extracción y recuperación de sustancias metálicas, no metálicas, materiales de construcción del suelo y subsuelo; desarrollándose únicamente por personas naturales, o conjunto de personas naturales, o personas jurídicas conformadas por personas naturales (Congreso de la República, 2002). Por consiguiente, se ha contabilizado que al menos 25 millones de hectáreas en el Perú están destinadas a la minería artesanal y a pequeña escala no formal, concentradas en la Amazonía (Madre de Dios) (Derecho, Ambiente y Recursos Naturales, 2020).

El Hg es el metal pesado más peligroso de todos (Salonen *et al.*, 1995). También, es el único que se biomagnifica a través de la cadena alimentaria, y se bioacumula, lo que significa que los organismos vivientes pueden adquirir concentraciones más altas de este metal conforme se vayan alimentando de otros organismos vegetales y animales ya contaminados. El Hg también se une fácilmente al grupo tiopiridina, que puede inhibir la función de las enzimas que son esenciales para el metabolismo humano (Dewi *et al.*, 2013).

Respecto al ciclo global del Hg (Anexo 9), este se libera de dos maneras hacia el medio ambiente: mediante procesos naturales y mediante actividades antropogénicas. Una vez en el medio ambiente, el Hg circula entre el aire, la tierra y el agua, hasta que finalmente se elimina enterrándose en sedimentos de aguas profundas o sedimentos lacustres y queda atrapado en compuestos minerales estables. Ciertamente, el metilmercurio (MeHg) es el Hg más tóxico y bioacumulativo, que representa el mayor riesgo para la salud de los seres humanos y animales, y se forma principalmente en el medio acuático a través de procesos microbianos naturales (United Nations Environment Programme, 2013), (Anexo

10) (Selin, 2009). Sin embargo, el MeHg representa menos del 10% de Hg total encontrado en aguas superficiales (Government of Canada, 2003).

La ingesta de pescado se considera la principal fuente de exposición al MeHg (Susan y *et al*, 2003; Toffleson y Cordle, 1986). La acumulación de MeHg es más letal y tiene efectos secundarios más graves que el mercurio inorgánico, debido a una vida media biológica más larga en el cuerpo (90 - 120 días) (Bakir, 1973; Kathryn y Mahaffey, 1998; Takeuki *et al.*, 1962).

En las especies de peces teleósteos, la biodisponibilidad de Hg depende no solo de la concentración química total en el medio ambiente, sino también de la facilidad con la que los peces pueden absorber las diferentes formas de Hg a través de la piel, branquias, y dentro del tracto digestivo, y de cómo afecta la especiación química la distribución del Hg a través de todo el organismo (Sweet y Zelikoff, 2001). Los principales lugares de absorción de metales en los peces son el sistema digestivo, las branquias y, en menor medida, la piel (Erickson *et al.*, 2008).

1.1.7. Estudios similares:

En el Perú ya se ha detectado Hg en especies marinas. En el 2013, se colectaron muestras de tiburón martillo (*Sphyrna zygaena*) en el norte del Perú. Se analizaron 27 muestras de músculo de neonatos y juveniles colectados en los puertos de Acapulco, Cancas (Tumbes) y San José (Lambayeque), y hallaron niveles de Hg entre 0.13 a 0.85 mg/kg (Gonzalez *et al.*, 2017).

En el 2019, se detectó Hg en bonito (*Sarda Sarda*), caballa (*Scomber Scombrus*), lisa (*Mugil Cephalus*), lorna (*Sciaena Deliciosa*) y diamante (*Isurus Oxyrinchus*) procedentes de los mercados de Tacna, Perú. La media de Hg expresado en mg/kg detectado fue la siguiente: lisa 0.875, lorna 0.750, bonito 1.264, diamante 0.889 y caballa 0.639 (Ninaja Sarmiento y Ortiz Faucheux, 2020).

Se encontró concentraciones de Hg por encima del nivel máximo permisible en músculo de pescado, en una porción del río Madre De Dios, Perú. Aquella porción comprende desde Atalaya y hasta Puerto Pardo; siendo un total de 560 km de río (Diringer *et al.*, 2014).

Se evidenció Hg en pescado trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) procedente de tres puntos de venta en Huaraz, Ancash, Perú que se colectó en el 2011 (Bertolotti y Noé, 2018).

En Vietnam, se evaluaron los niveles de Hg total y MeHg en agua de mar y almejas *Meretrix lyrata* (Sowerby, 1825) durante las cuatro estaciones (julio 2010 a mayo 2011) en el estuario de Bach Dang. En el agua de mar, los resultados mostraron que las concentraciones de Hg total en la época de lluvias (junio, julio, agosto y el siguiente mayo) fueron superiores a la de la estación seca (desde septiembre hasta abril). Mientras tanto, la tendencia de MeHg no fue tan pronunciada como la tendencia de Hg total (Sinh y Huong, 2020). En el transcurso de más de un año, la contaminación de Hg en las almejas cosechadas en el estuario de Bach Dang varió de 1,4 a 38,1 g/kg de peso corporal (Sinh y

Huong, 2020). En el estudio se evidenció una correlación significativa entre el Hg total y MeHg.

1.1.8. Niveles máximos permisibles de mercurio en recursos hidrobiológicos para consumo humano:

Según entidades internacionales como la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Comisión Reguladora Europea (CE), han determinado niveles máximos permisibles de Hg en los recursos hidrobiológicos para consumo humano, siendo: 0.5 mg/kg (después de remover el tracto digestivo) para pescados frescos o procesados que no son tope en la cadena alimenticia y 1 mg/kg (después de remover el tracto digestivo) para pescados frescos o procesados que son tope en la cadena alimenticia como tiburones, atunes, entre otros. (Diario Oficial de la Unión Europea, 2006; WHO, 1995).

1.1.9. Efectos del mercurio en la salud humana:

Se sabe que los peces son un reservorio de Hg en el alimento de los seres humanos y por ende, su acumulación puede representar un serio riesgo para la salud. La Agencia de Protección Ambiental (EPA) ha señalado que los niveles de Hg en algunas especies de peces, los hacen inadecuados o restrictivos para el consumo de niños y mujeres embarazadas (EPA, 2021). Según la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) (2000), los niveles más altos de Hg en las siguientes especies, fueron en promedio: rey de la caballa 0.730 mg/kg, tiburón 0.988 mg/kg, pez espada 0.976 mg/kg, y pez blanquillo (del Golfo de México) 1.450 mg/kg (Bose-O'Reilly *et al.*, 2010).

El Hg que ingresa al cuerpo de los seres humanos, tiene la capacidad de causar daño en el hígado (Choi *et al.*, 2017), riñones (Gao *et al.*, 2022), sistema nervioso central (Bjørklund *et al.*, 2018; Fernandes Azevedo *et al.*, 2012), a nivel cardiovascular (Counter Jr y Buchanan, 2004; Fernandes Azevedo *et al.*, 2012; Genchi *et al.*, 2017), sistema hematológico (Murray *et al.*, 2009), genes (Al-zazzawie *et al.*, 2013; Bjørklund *et al.*, 2017), sistema inmune (Al-zazzawie *et al.*, 2013), reproducción y desarrollo de la gestación (Bjørklund *et al.*, 2019).

Los efectos de exposición a Hg dependen de varios factores como: el nivel y tiempo de exposición, edad y estado de salud de los individuos (Afriza, 2013). El Hg tiene la capacidad de causar daño en los tejidos y genes a través de mecanismos como la interferencia con la homeostasis intracelular del calcio, interrupción del potencial de la membrana, cambio en la síntesis de proteínas, inhibición enzimática, y alteración en las vías de aminoácidos en el SNC (Bjørklund *et al.*, 2017). El SNC es el principal punto diana, objetivo o receptor de la toxicidad del Hg. Los efectos de neurotoxicidad incluyen mecanismos interrelacionados que finalmente llevan al daño celular. También, el Hg induce disfunción de las mitocondrias, retículo endoplasmático y componentes ácidos. El Hg tiene la capacidad de activar el factor de crecimiento endotelial vascular (VEGF) y liberar IL-6 de células mastocitos humanos, lo que puede contribuir significativamente a desórdenes de la barrera hematoencefálica e inflamación cerebral (Bjørklund *et al.*, 2018).

La presente investigación tiene como objetivo evidenciar la presencia de Hg en el filete de pejerrey obtenido de la pesca artesanal de la caleta de pescadores de los distritos de Chorrillos y Pucusana en la región Lima, y Paracas

en la región Ica. Ciertamente, de las caletas en mención, se distribuye el pescado directamente hacia restaurantes aledaños y mercados de abasto. Con los resultados obtenidos se puede determinar las concentraciones de Hg en el filete de pejerrey para no exponer al hombre a niveles que superan el máximo, asimismo, realizar otros estudios para determinar el origen del Hg y controlarlo desde su procedencia inicial.

I.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

El pejerrey contiene diversos elementos importantes para la nutrición del hombre, entre los que destacan la proteína, ácidos grasos y minerales. Este recurso hidrobiológico puede verse afectado en mayor o menor grado por la contaminación por Hg debido a que los peces almacenan este metal. El hombre que consume pejerrey contaminado con Hg, lo transfiere a su organismo y su salud y vida puede ponerse en riesgo. El Hg puede afectar el sistema nervioso, sistema cardiovascular, sistema inmune, sistema hematológico, genes, hígado, riñones, reproducción y desarrollo de la gestación. Asimismo, el pejerrey es un sensor biológico de contaminación porque se alimenta de plancton y es una especie catalizadora de contaminación porque se encuentra en la base de la cadena alimenticia marina. El plancton, incluido en la dieta del pejerrey, puede captar hasta 10 000 veces más de MeHg presente en el agua de mar (United Nations Environment Programme, 2013).

En el 2019 se encontró Hg en pescados costeros. En un estudio de naturaleza observacional, transversal, prospectiva y descriptiva que se realizó con muestras de pescado de los principales mercados de Tacna, se detectó niveles de

contaminación por encima del nivel máximo permisible de Hg (0.5 mg/kg) en el músculo de los pescados lisa (*M. cephalus*) y lorna (*S. deliciosa*) (Ninaja Sarmiento y Ortiz Faucheux, 2020). Asimismo, se detectaron niveles de Hg en 27 muestras de tiburón martillo (*S. zygaena*) en músculo de neonatos y juveniles colectados en los puertos de Acapulco, Cancas (Tumbes) y San José (Lambayeque), con concentraciones de Hg entre 0.13 a 0.85 mg/kg (Gonzalez *et al.*, 2017). El pejerrey es un alimento nutritivo para el ser humano pero niveles de Hg por encima del máximo permisible serían perjudiciales para la salud y vida del hombre.

I.3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO:

El estudio se realizó en pejerrey porque es el segundo pescado costero más consumido en el Perú, en el 2018, con 0.2 kg/habitante, y en la actualidad continúa siendo un pescado de consumo masivo. Por lo tanto, es de importancia en salud pública determinar si el filete de pejerrey contiene concentraciones de Hg por encima del nivel máximo permisible para consumo humano. Con los resultados obtenidos se puede determinar las concentraciones de Hg en el pejerrey para no exponer al hombre a niveles que superan el máximo, asimismo, realizar otros estudios para determinar el origen del Hg y controlarlo desde su procedencia inicial; este último como un abordaje en favor de la salud ambiental. Es ético asegurarse de que los alimentos que consumen las poblaciones no tengan niveles de Hg que superen el máximo permisible.

Además, el pejerrey constituye un sensor biológico de contaminación puesto que en su alimentación se incluye el plancton, el mismo que tiene la

capacidad de captar hasta 10 000 veces más de MeHg que de Hg inorgánico presente en el agua de mar (United Nations Environment Programme, 2013). Se analiza el filete porque es lo que predomina del pejerrey, con hasta casi el 50% del pescado y el MeHg está unido a las proteínas.

En la región de Madre de Dios se extrae oro en la modalidad de minería de oro artesanal y a pequeña escala. Este tipo de minería representa el 37% de emisiones de Hg a la atmósfera, a nivel mundial. La destrucción de los bosques y ríos de la región de Madre de Dios es a tal magnitud, que se puede visualizar desde imágenes satelitales. En tal sentido, el pejerrey puede verse contaminado por ese Hg que se emite a la atmósfera desde la región de Madre de Dios.

Los beneficiarios de este estudio son los consumidores de pejerrey en general, pero en específico son los pescadores artesanales y habitantes cercanos a la caleta en donde se extrae el recurso hidrobiológico debido a que ellos también se alimentan de la pesca local.

Las caletas artesanales pesqueras de Chorrillos, Pucusana y Paracas se escogieron como lugar de muestreo porque constituyen las principales caletas de pesca artesanal en el Perú. A pesar de que la pesca se realiza de manera artesanal y en una jornada de pesca de pejerrey se pueden capturar aproximadamente 20 kilos de pescado (Anexo 11), este tipo de pesca constituye la principal fuente proveedora de recursos hidrobiológicos para el mercado nacional (Guevara Carrasco y Bertrand, 2017).

II. HIPÓTESIS

El filete de pejerrey presenta concentraciones de Hg por encima del nivel máximo permisible para consumo humano, procedente de las caletas de pescadores artesanales de los distritos de Chorrillos y Pucusana en la región Lima, y Paracas en la región Ica.

III. OBJETIVOS

III.1. OBJETIVO GENERAL:

- Comprobar si las concentraciones de Hg presentes en el filete de los pejerreyes superan los niveles máximos permisibles para consumo humano (0.5 mg/kg), según estándares internacionales.

III.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Evidenciar concentraciones de Hg por encima del nivel máximo permisible (0.5 mg/kg) presentes en el filete de los pejerreyes obtenidos de la pesca artesanal del mar adyacente a la caleta de pescadores de los distritos de Chorrillos y Pucusana en la región Lima, y Paracas en la región Ica.
- Describir los parámetros biométricos (longitud en centímetros y peso en gramos) de los pejerreyes.
- Determinar la correlación entre el Hg presente en el filete de los pejerreyes y la longitud y peso de los pejerreyes.

IV. METODOLOGÍA

IV.1. LUGAR DE ESTUDIO:

Las muestras de pejerrey se colectaron en caletas artesanales pesqueras de los distritos de Chorrillos y Pucusana en la región Lima, y en Paracas en la región Ica. Los pejerreyes obtenidos del distrito de Chorrillos se colectaron en la caleta “Asociación José Silverio Olaya Balandra: Pescadores Artesanales de la caleta de Chorrillos”, los del distrito de Pucusana en el “Desembarcadero Pesquero Artesanal de Pucusana” y los del distrito de Paracas en el Muelle El Chaco.

Las muestras se procesaron en el laboratorio “Unidad de Servicios de Análisis Químicos” (USAQ) de la Facultad de Química e Ingeniería Química, perteneciente a la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Dicha universidad está licenciada por la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria (SUNEDU). El laboratorio se ubicó en Calle Germán Amezaga N° 375, Ciudad Universitaria, Lima, Perú.

IV.2. TIPO DE ESTUDIO:

Se consideró la clasificación Tam *et al* 2008 para la presente investigación. Por tanto, el estudio realizado fue no experimental (observacional), transversal, correlacional.

IV.3. POBLACIÓN, MUESTRA U OBJETO DE ESTUDIO:

Se utilizaron pejerreyes con características de frescura (no friables al tacto, sin mal olor, con el opérculo y pedúnculo en buen estado) y con talla comercial

mayor o igual a 14 cm, expendidos en la caleta artesanal de pescadores de los distritos de Chorrillos “Asociación José Silverio Olaya Balandra: Pescadores Artesanales de la caleta de Chorrillos” (Anexo 12, 13 y 14), Pucusana “Desembarcadero Pesquero Artesanal de Pucusana” (Anexo 15, 16 y 17) y Paracas en el Muelle El Chaco (Anexo 18). Los pejerreyes colectados cumplieron con lo establecido en la Resolución Ministerial N° 227-2004-PRODUCE, que indica que “la talla mínima de captura del pejerrey *Odontesthes regia regia* es de catorce centímetros (14 cm.) de longitud total (medida entre el extremo más proyectado de la cabeza y el extremo de la aleta caudal o cola)”.

IV.4. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN:

4.4.1. Criterio de inclusión

Se incluyeron pejerreyes con características de frescura (no friables al tacto, sin mal olor, con el opérculo y pedúnculo en buen estado) y con talla comercial mayor o igual a 14 cm.

4.4.2. Criterios de exclusión:

Se excluyeron pejerreyes friables al tacto, con mal olor, con el opérculo dañado y con el pedúnculo en mal estado. Asimismo, pejerreyes con una longitud menor o igual a 13.9 cm.

IV.5. TAMAÑO DE MUESTRA:

Se determinó el tamaño de muestra tomando como referencia la Resolución de Dirección Ejecutiva N° 057-2016-SANIPES-DE, la cual expresa

que el número de unidades de muestra para contaminantes (como metales pesados) en productos pesqueros y acuícolas para consumo humano directo es de 5 individuos. Las unidades muestrales fueron hechas en función de la Norma Técnica Peruana 700.002 2012. Sin embargo, para el presente estudio se tomó una muestra de 10 pejerreyes por caleta pesquera por si alguna muestra se llegaba a dañar. El N total fue de 30 pejerreyes.

IV.6. RECOLECCIÓN DE MUESTRAS E INFORMACIÓN:

Las muestras se colectaron en el año 2022: en Chorrillos, el 22 de Noviembre; en Pucusana, el 24 de Noviembre; en Paracas, el 04 de Diciembre. En cada caleta artesanal pesquera, se compraron los pejerreyes enteros (no eviscerados) una vez se ubicó al primer pescador o tercera persona que vendía los recursos hidrobiológicos obtenidos de la caleta pesquera. Luego, se tomó la ubicación GPS del lugar utilizando la aplicación de celular “UTM Geo Map.” Las coordenadas obtenidas sirvieron para mostrar los tres puntos de colecta de pejerrey en un mapa mediante la aplicación “Google My Maps” (Anexo 19).

Para obtener la biometría de cada pescado, se utilizó una regla plástica y una balanza digital (Anexo 20 y 21). Se midió el pescado desde el extremo más proyectado de la cabeza y el extremo de la cola. Asimismo, haciendo uso de una libreta de campo, se anotó lo siguiente: código asignado a cada ejemplar, especie, lugar de procedencia, longitud, peso y fecha. El código asignado a cada pejerrey estaba en función de las tres primeras letras del distrito de colecta y dos dígitos numéricos, ejemplo: Puc01. Posteriormente, los datos obtenidos fueron incorporados a una base de datos de un computador.

Luego, cada pescado fue colocado en una bolsa plástica con cierre hermético y rotulado. Para la rotulación se empleó el código, especie del pescado y nombre y apellido del tesista (Anexo 22). Posteriormente, se colocaron las bolsas en un conservador térmico con tres contenedores de geles congelados para mantener una temperatura de refrigeración, la misma que varió de 3.1 °C a 7.1 °C (Anexo 23 y 24). La variación de la temperatura estuvo en función de la distancia recorrida hasta el punto de colecta y el retorno al punto de conservación de las muestras. La temperatura fue controlada con un termómetro digital.

El movimiento de las muestras colectadas fue de la siguiente manera: caleta, lugar de conservación de muestras (en una refrigeradora a 1.5 °C) y laboratorio de diagnóstico. Los pescados recolectados en los distritos de Pucusana y Paracas, se mantuvieron en el lugar de conservación de muestras a una temperatura de -23.1 °C debido a falta de disponibilidad del laboratorio en la fecha de colecta.

IV.7. PROCEDIMIENTO:

El procedimiento de determinación de Hg total por el método de espectrofotometría de absorción atómica se desarrolló en el laboratorio “Unidad de Servicios de Análisis Químicos” (USAQ) de la Facultad de Química e Ingeniería Química, perteneciente a la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Para dicho procedimiento, se entregó los pescados enteros (no eviscerados) al analista del laboratorio, quien posteriormente preparó muestras de filete. El analista usó el método USAQ-ME-04 AAS para determinar la concentración de Hg total. La muestra se homogenizó mecánicamente con ayuda

de un procesador de alimentos, luego se procedió a pesar 3g de muestra en un crisol y se llevó a calcinación, la temperatura se elevó lentamente hasta 150 °C y luego en intervalos de 150 °C hasta 550 °C, hasta que se obtuvieron cenizas blancas. Una vez terminada la calcinación de la muestra, se enfrió para luego ser sometida a una digestión ácida con 5ml de HNO₃ (CC) (1:1) en una plancha térmica a una temperatura 70°C (con calentamiento moderado para evitar evaporación total del ácido). Se agitó el crisol conteniendo la muestra constantemente para eliminar totalmente los vapores nitrosos y se llevó hasta sequedad, luego se agregó 5 mL de agua desionizada. Finalmente se dejó enfriar, se agregó agua destilada hasta disolver el contenido del vaso y se transfirió a una fiola de 50mL.

Para preparar un estándar patrón de Hg de 100 mg/L, se midió 10mL del estándar certificado de 1000 mg/L y se contuvo en una fiola de 100 ml, luego se enrasó con agua ultra pura. Para el estándar de Hg de 10 mg/L: se midió 10 mL del estándar de 100 mg/L y luego se llevó a una fiola de 100 mL, para enrasar con el diluyente. Para el estándar de Hg de 1mg/L: se midió 10 mL del estándar de 10 mg/L y luego se llevó a una fiola de 100 mL, para enrasar con el diluyente.

Los estándares de calibración obtenidos fueron de 10 µg/µL, 20µg/L y 40 µg/L. El equipo preparó automáticamente estos estándares a partir de 20 µg/L. Se preparó un blanco de calibración con agua ultrapura, siguiendo el procedimiento anterior.

Finalmente, se encendió el equipo de absorción atómica SHIMADZU AA-7000, con inyector automático (autosampler) y la computadora, se colocó la

lámpara de Hg. Siguiendo el procedimiento de operación del horno de grafito, se verificó la calibración del instrumento, asegurando el alineamiento del autosampler antes de iniciar la corrida analítica.

IV.8. MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS:

Los materiales necesitados para la colecta de pejerreyes, transporte y análisis de datos fueron los siguientes: vehículo, combustible para el vehículo, computador, celular, libreta de campo, lapiceros, etiquetas para rotular, botas de jebe, conservador térmico, contenedor de gel congelable, bolsas plásticas con cierre, tabla de triplay, balanza digital, refrigeradora, termómetro digital con extensión para interior y regla de 30 cm.

Los reactivos, materiales y equipos requeridos para la determinación del Hg total por espectrofotometría de absorción atómica de los pejerreyes fueron los siguientes:

4.8.1. Reactivos:

- Estándar certificado de Hg de 1000 mg/L.
- Ácido nítrico, HNO₃, concentrado ultra puro, con contenido de $0.07 \times 10^{-1} \mu\text{g/L}$ de plomo, para preparación de estándares.
- Ácido nítrico, HNO₃, concentrado para análisis de trazas, con contenido de $0.7 \mu\text{g/L}$ de plomo, para la digestión de las muestras.

- Diluyente, Ácido nítrico, 0.2 %: Medir 2 mL de ácido nítrico concentrado ultra puro y llevar a una fiola de 1 litro, enrasar a la marca con agua ultra pura.
- Ácido perclórico al 70%.

4.8.2. Materiales:

- Fiolas de 10 mL y 100 mL clase A.
- Pipetas de 5 mL y 10 mL, clase A.
- Probetas de 100 mL.
- Vasos de 150 mL.
- Lunas de reloj.

4.8.3. Equipos:

- Equipo de absorción atómica SHIMADZU AA-7000.
- Computadora.
- Plancha térmica.
- Balón de acetileno, 99.999% de pureza.

IV.9. CONSIDERACIONES ÉTICAS:

Para poder iniciar con el desarrollo del proyecto de investigación, el protocolo fue registrado en el Sistema Descentralizado de Información y Seguimiento de la Investigación (SIDISI) – Dirección Universitaria de Investigación, Ciencia y Tecnología (DUICT), generándose el código SIDISI 208682. Asimismo, fue revisado y registrado en la Dirección Universitaria de Asuntos Regulatorios en Investigación de la Universidad Peruana Cayetano Heredia, generándose el código CAREG-ORVEI-106-22. La dirección en mención, manifestó que “de acuerdo al Manual de Procedimientos de nuestra universidad y por sus características, este proyecto no requiere evaluación por el Comité Institucional de Ética en Humanos o en Animales, pudiendo iniciar su ejecución.” Además, fue registrado en la Escuela de Postgrado Víctor Alzamora Castro (EPGVAC), generándose el código de registro Ms-00899-2022.

IV.10. ANÁLISIS DE DATOS

El análisis de datos se realizó con el programa Stata, versión 17. Se determinó la normalidad de los datos de las variables con el test de normalidad de Shapiro Wilk. La variable de Hg presentó distribución normal, mientras que las variables de peso y longitud presentaron distribución no normal. Por lo tanto, se ejecutó el test de correlación de Spearman. También, realizó la estadística descriptiva. Se resumieron las concentraciones de Hg total del filete de pejerrey, longitud del pejerrey y peso del pejerrey, estimando la media, mediana, desviación estándar y los valores extremos.

V. RESULTADOS

Se colectaron 30 pejerreyes (Chorrillos: 10, Pucusana: 10, Paracas: 10), los mismos que presentaron concentraciones de Hg total de 0.001 - 0.008 mg/kg en el filete, longitud de 14 - 18.5 cm. del pejerrey y peso de 17.1 - 40.04 g. del pejerrey (Anexo 25). La estadística descriptiva de las concentraciones de Hg total, longitud y peso de los pejerreyes colectados de acuerdo a cada caleta artesanal pesquera se expone en la tabla 1, 2 y 3. Al analizar la distribución de las variables, se halló que la de Hg total si siguió una distribución normal ($p=0.11984$), mientras que la de longitud ($p=0.00069$) y peso ($p=0.00086$) no. Estadísticamente, se encontró correlación lineal no significativa entre las concentraciones de Hg total y la longitud de los pejerreyes ($R=-0.1835$, $p=0.3318$), también se encontró correlación lineal no significativa entre las concentraciones de Hg total y el peso de los pejerreyes ($R= -0.1666$, $p=0.3789$). Asimismo, mediante gráficos de dispersión se evidenció correlación lineal no significativa entre las variables (Gráfico 1 y Gráfico 2).

Tabla 1: Estadística descriptiva de la concentración de mercurio total, longitud y peso de los pejerreyes provenientes de pesca artesanal del mar adyacente a la caleta de pescadores del distrito de Chorrillos, región Lima, año 2022.

Distrito de Chorrillos						
Variable	n	Media	Mediana	Desviación estándar	Min	Max
Hg total (mg/kg)	10	0.0044	0.0045	0.0022	0.001	0.008
Longitud (cm)	10	16.7	17	1.2064	14.5	18.5
Peso (g)	10	31.61	31.88	5.7266	22.12	40.04

Tabla 2: Estadística descriptiva de la concentración de mercurio total, longitud y peso de los pejerreyes provenientes de pesca artesanal del mar adyacente a la caleta de pescadores del distrito de Pucusana, región Lima, año 2022.

Distrito de Pucusana						
Variable	n	Media	Mediana	Desviación estándar	Min	Max
Hg total (mg/kg)	10	0.0042	0.004	0.0026	0.001	0.008
Longitud (cm)	10	14.65	14.5	0.3374	14.5	15.5
Peso (g)	10	22.06	21.71	2.4036	17.10	25.34

Tabla 3: Estadística descriptiva de la concentración de mercurio total, longitud y peso de los pejerreyes provenientes de pesca artesanal del mar adyacente a la caleta de pescadores del distrito de Paracas, región Ica, año 2022.

Distrito de Paracas						
Variable	n	Media	Mediana	Desviación estándar	Min	Max
Hg total (mg/kg)	10	0.0043	0.004	0.0021	0.002	0.007
Longitud (cm)	10	14.64	14.5	0.4325	14	15.5
Peso (g)	10	20.88	20.46	1.7828	18.90	24.70

Gráfico 1: Diagrama de dispersión entre variables de Hg total y longitud de pejerreyes provenientes de pesca artesanal del mar adyacente a la caleta de pescadores de los distritos de Chorrillos y Pucusana en la región Lima, y Paracas en la región Ica, año 2022.

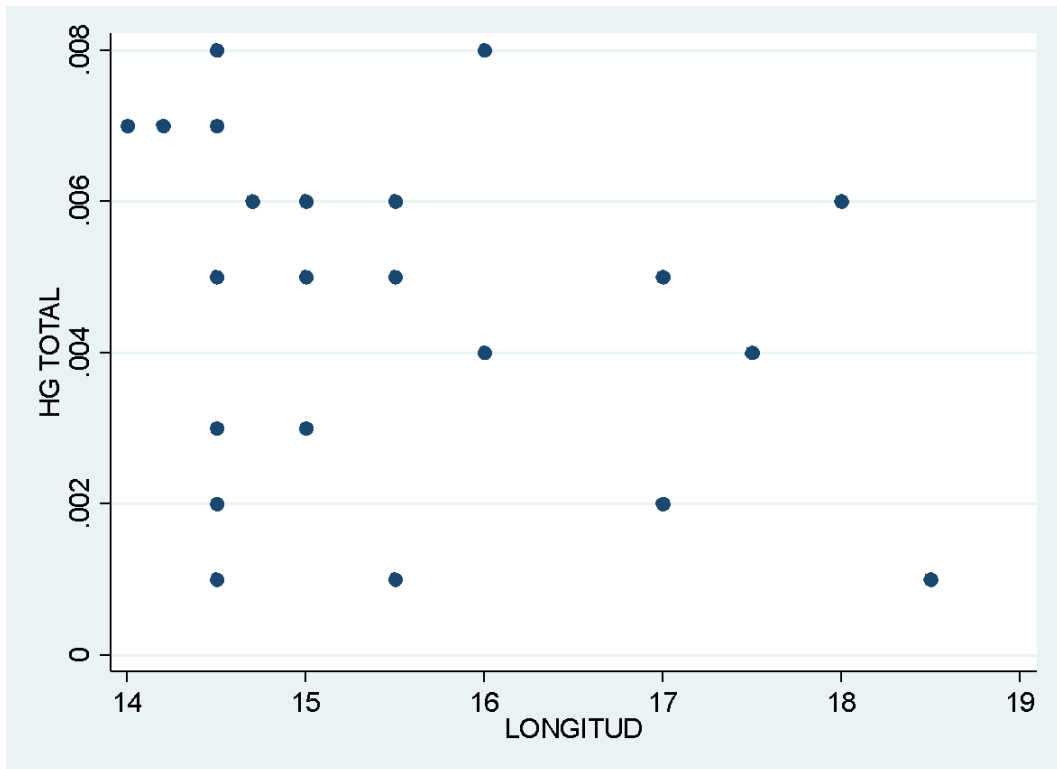
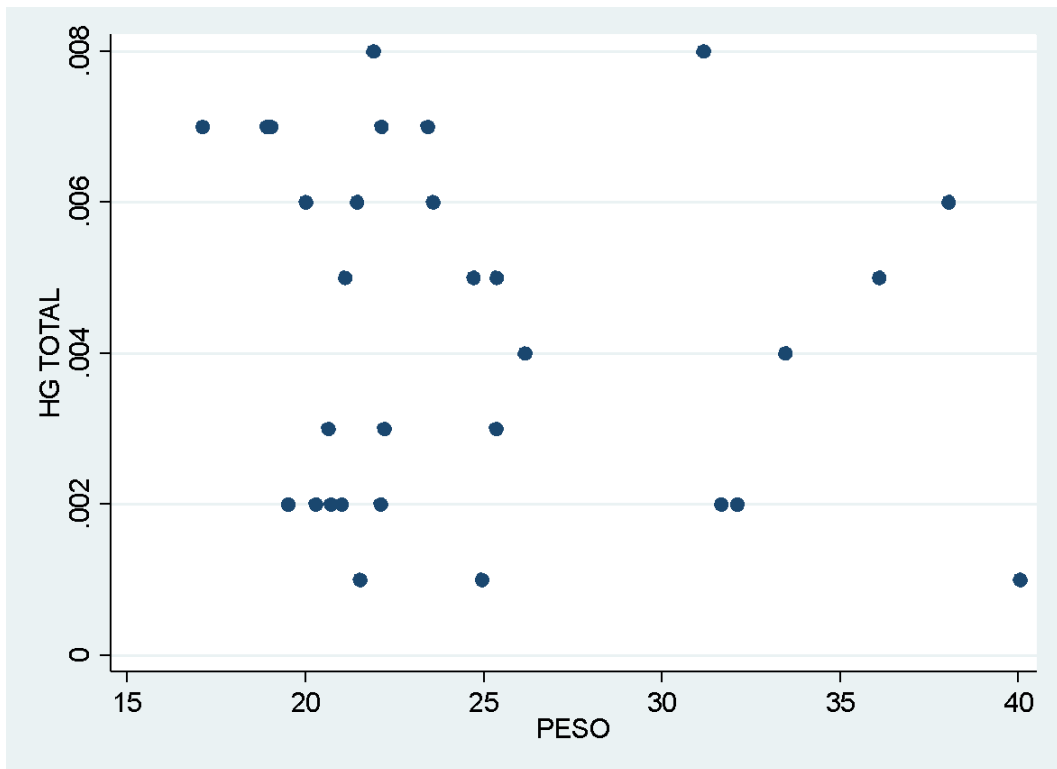


Gráfico 2: Diagrama de dispersión entre variables de Hg total y peso de pejerreyes provenientes de pesca artesanal del mar adyacente a la caleta de pescadores de los distritos de Chorrillos y Pucusana en la región Lima, y Paracas en la región Ica, año 2022.



VI. DISCUSIÓN

En el presente estudio, se hallaron niveles de Hg total entre 0.001 – 0.008 mg/kg, los mismos que no superaron los niveles máximos permisibles para consumo humano. Entidades internacionales como la OMS, FAO y CE, determinaron que los niveles máximos permisibles de Hg en los recursos hidrobiológicos destinados para consumo humano son: 0.5 mg/kg (después de remover el tracto digestivo) para pescados frescos o procesados que no son tope en la cadena alimenticia y 1 mg/kg (después de remover el tracto digestivo) para pescados frescos o procesados que son tope en la cadena alimenticia como tiburones y atunes (WHO, 1995; Diario Oficial de la Unión Europea, 2006). A pesar que para el pejerrey se tiene una tolerancia de Hg de hasta 0.5 mg/kg, las concentraciones de Hg halladas en los pescados de este estudio fueron bajas, equivalentes a menos del 2% de Hg permitido para pejerrey. La OMS considera una ingesta tolerable semanal de Hg total de 5µg/kg de peso de la persona (Osoreo Plenge *et al.*, 2010). Por tanto, tomando como dato los resultados de este estudio, una persona de 60 kg tendría que comer 37.5 kg de pejerrey a la semana para alcanzar la cantidad de Hg total tolerable; lo mismo que es improbable.

Se hallaron niveles de Hg entre 0.13 a 0.85 mg/kg en músculo de tiburón martillo colectado en los puertos pesqueros de Acapulco, Cancas (Tumbes) y San José (Lambayeque) en el norte del Perú (Gonzalez *et al.*, 2017), el cual es una especie depredadora; sin embargo, sus concentraciones de Hg no sobrepasaron los niveles máximos permisibles. El pejerrey no es una especie depredadora y se encuentra en la base de la cadena trófica, pero aun así posee Hg. Estas concentraciones de Hg en el filete de pejerrey no representarían un riesgo de

toxicidad para la salud pública, pues según este estudio, evidencia concentraciones bajas.

Las concentraciones de Hg en el presente estudio fueron contrarias a las obtenidas por Ninaja y Ortiz en el 2019, en Tacna, Perú. También, los autores en mención estudiaron Hg en pescados costeros. Mientras que los valores de Hg en el músculo de lisa (*M. cephalus*) y lorna (*S. deliciosa*) fue de una media de 0.875 y 0.750 mg/kg (Ninaja Sarmiento y Ortiz Faucheux, 2020), en el presente estudio, la media del Hg hallado en el filete del pejerrey fue de 0.0043 mg/kg. La diferencia en las concentraciones de Hg puede deberse a que el lisa y el lorna, son especies con mayor biomasa que la del pejerrey, por lo tanto podrían tener la tendencia a bioacumular mayores concentraciones de Hg. Por otra parte, el pejerrey actúa como un sensor biológico de contaminación por Hg debido a que en su dieta se incluye el plancton. En tal sentido, si el filete del pejerrey contiene concentraciones bajas de Hg, reflejaría una ligera contaminación en el ecosistema del pejerrey.

Se encontraron concentraciones de Hg por encima de los niveles máximos permisibles en filete de pescado del río Madre de Dios, Perú (Diringer *et al.*, 2014), lo que evidenció que el río en mención estaba contaminado con Hg posiblemente debido a la actividad de minería aurífera artesanal y a pequeña escala en la región. Es un hecho de que el agua con Hg del río Madre de Dios contamine las especies animales y vegetales del río, pero también es posible que contamine especies de otras zonas vía reemisiones y remobilizaciones de Hg.

También se evidenció que el Hg estaba presente en el agua del río Santa de la región Ancash, Perú. Se encontraron concentraciones de Hg en filete de trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) por encima de los niveles máximos permisibles (Bertolotti y Noé, 2018), lo cual posicionó al pescado en mención como de riesgo para la salud pública.

Asimismo, se evidenció una variación en los niveles de Hg total y MeHg presentes en el agua del estuario de Bach Dang, ubicado en el norte de Vietnam, dependiendo de la época del año. Los resultados mostraron que las concentraciones de Hg total en la época de lluvias (junio, julio, agosto y el siguiente mayo) fueron superiores a la de la estación seca (desde septiembre hasta abril) (Sinh y Huong, 2020). En tal sentido, los valores de Hg total hallados en el filete los pejerreyes del presente estudio podrían ser diferentes en otros meses del año. Para el presente estudio, las muestras de pejerrey se colectaron en Chorrillos, el 22 de Noviembre; en Pucusana, el 24 de Noviembre; en Paracas, el 04 de Diciembre. Sería de interés coleccionar muestras de pejerrey en época de lluvia y seca para evaluar si hay variación en las concentraciones de Hg. Consecuentemente, valores altos de Hg en el agua de mar evidenciarían niveles más altos de Hg en el filete de pejerrey debido a que el pez absorbería mayores cantidades de este metal a través de su sistema digestivo, branquias y piel (Erickson *et al.*, 2008).

El pejerrey en la cadena trófica del mar peruano actúa como un sensor biológico de contaminación y una especie catalizadora de contaminación debido a que en su dieta se incluye el plancton. El plancton puede captar hasta 10 000 veces más de MeHg que de Hg inorgánico presente en el agua de mar (United Nations Environment Programme, 2013). Por consiguiente, los seres humanos que

se alimentan de pejerrey constantemente y los predadores de pejerrey en su ecosistema, estarían en riesgo de adquirir concentraciones elevadas de Hg, en la medida en que el pejerrey habite en una zona donde el agua presente concentraciones elevadas de dicho metal. Asimismo, ya que el pejerrey habita próximo a la playa en aguas poco profundas entre 0 y 50 metros, lo posiciona en un área crítica que puede ser objeto de elevadas concentraciones de Hg debido al traslado de dicho metal hacia el mar por las desembocaduras de cuencas hidrográficas. Sin embargo, aquellas cuencas próximas a las áreas de pesca del pejerrey en las caletas artesanales pesqueras de los distritos de Chorrillos, Pucusana y Paracas, no representarían un riesgo de contaminación por Hg para el pejerrey porque las concentraciones en estos pescados fueron bajas.

En la cadena trófica, el Hg se bioacumula y biomagnifica. Por tanto, se entiende que a mayor tamaño, una especie debería tener mayores concentraciones de Hg. Sin embargo, el presente estudio evidenció correlación lineal no significativa entre el Hg y la longitud del pejerrey, ni el Hg y el peso del pejerrey. Esto puede deberse a dos factores. Primero, el ecosistema en donde se pescaron los pejerreyes colectados poseía concentraciones bajas de Hg. Segundo, la muestra colectada fue en su mayoría pejerreyes de bajo peso. La media de peso en Pucusana fue de 22.06 g., en Paracas fue de 20.88 g., mientras que en Chorrillos fue de 31.61 g.

La región de Madre de Dios es un punto de origen de contaminación antropogénica de Hg en el Perú debido a la minería aurífera artesanal e ilegal que desarrolla (Anexo 26). De acuerdo al ciclo global del Hg, esta actividad estaría contaminando el ecosistema del pejerrey mediante emisiones atmosféricas de Hg

que llegaría a la costa del Perú y se depositaría en el mar. Ningún río de la región de Madre de Dios desemboca próximo a las caletas artesanales pesqueras de Chorrillos, Pucusana o Paracas.

La toxicidad por Hg puede poner en riesgo la salud y vida del hombre. El Hg puede afectar el sistema nervioso, sistema cardiovascular, sistema inmune, sistema hematológico, genes, hígado, riñones, reproducción y desarrollo de la gestación. Sin embargo, el consumo permanente del pejerrey proveniente de las zonas de pesca de las caletas artesanales de Chorrillos, Pucusana y Paracas, no estaría causando daño en la salud porque se encontraron concentraciones bajas, equivalentes a menos del 2% del nivel máximo permitido para consumo humano. Además, estas concentraciones de Hg se eliminarían del cuerpo humano a través de la leche (lactancia materna), pelo, heces y orina, por lo que no habría problemas de salud asociaciones a una toxicidad por Hg.

VII. CONCLUSIONES

El pejerrey (*O. regia regia*) proveniente de la pesca artesanal de las caletas de Chorrillos, Pucusana y Paracas presenta concentraciones de Hg entre 0.001 a 0.008 mg/kg.

Las concentraciones de Hg halladas en los filetes de pejerreyes colectados no son nocivas para el consumo del hombre. Una persona de 60 kg tendría que comer 37.5 kg de pejerrey a la semana para alcanzar la cantidad de Hg tolerable; lo mismo que es improbable.

El Hg hallado en el filete de pejerrey evidenció que existe una contaminación en el ecosistema correspondiente a las zonas de pesca del pejerrey.

VIII. RECOMENDACIONES

Determinar las concentraciones de Hg en el pejerrey, en los distritos de Chorrillos, Pucusana y Paracas durante las cuatro estaciones del año para conocer si existe variación en los valores de Hg.

Evaluar el Hg presente en el agua de las cuencas hidrográficas próximas al área de pesca del pejerrey de las caletas artesanales pesqueras de Chorrillos, Pucusana y Paracas.

Realizar un estudio que involucre pescados costeros con una biomasa mayor a la del pejerrey para evaluar si estos tienden a una mayor bioacumulación de Hg.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afriza, D. (2013). The Effect of Mercury Vapor and the Role of Green Tea Extract on Brain Cells. *Journal of Dentistry Indonesia*, 20(2), Art. 2. <https://doi.org/10.14693/jdi.v20i2.151>
- Al-azzawie, H. F., Umran, A., y Hyader, N. H. (2013). Oxidative Stress, Antioxidant Status and DNA Damage in a Mercury Exposure Workers. *British Journal of Pharmacology and Toxicology*, 4(3), Art. 3. <https://doi.org/10.19026/bjpt.4.5367>
- Álvarez, J., Sotero, V., Egg, A. B., y Peralta, C. A. I. (2011). *Minería Aurífera en Madre de Dios y Contaminación con Mercurio*. 54.
- Bakir, F. (1973). *Science*. 181, 230.
- Bakun, A., y Weeks, S. J. (2008). The marine ecosystem off Peru: What are the secrets of its fishery productivity and what might its future hold? *Progress in Oceanography*, 79(2), 290-299. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2008.10.027>
- Barriga Sánchez, M., Salas Maldonado, A., Aranda Pariasca, D., Castro Rumiche, C., Albrecht-Ruíz, M., Solari Godiño, A., y Arpi Anco, E. (2012). Información nutricional sobre algunas especies comerciales del mar peruano. *Boletín de Investigación*, 2012 vol. 10, 1-74.
- Bertolotti, F., y Noé, N. (2018). Concentración de plomo, mercurio y cadmio en músculo de peces y muestras de agua procedentes del Río Santa, Ancash—Perú. *Salud y Tecnología Veterinaria*, 6, 35. <https://doi.org/10.20453/stv.v6i1.3376>

- Bjørklund, G., Chirumbolo, S., Dadar, M., Pivina, L., Lindh, U., Butnariu, M., y Aaseth, J. (2019). Mercury exposure and its effects on fertility and pregnancy outcome. *Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology*, 125(4), 317-327. <https://doi.org/10.1111/bcpt.13264>
- Bjørklund, G., Dadar, M., Mutter, J., y Aaseth, J. (2017). The toxicology of mercury: Current research and emerging trends. *Environmental Research*, 159, 545-554. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.08.051>
- Bjørklund, G., Skalny, A. V., Rahman, M. M., Dadar, M., Yassa, H. A., Aaseth, J., Chirumbolo, S., Skalnaya, M. G., y Tinkov, A. A. (2018). Toxic metal(loid)-based pollutants and their possible role in autism spectrum disorder. *Environmental Research*, 166, 234-250. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.05.020>
- Bose-O'Reilly, S., McCarty, K. M., Steckling, N., y Lettmeier, B. (2010). Mercury Exposure and Children's Health. *Current Problems in Pediatric and Adolescent Health Care*, 40(8), 186-215. <https://doi.org/10.1016/j.cppeds.2010.07.002>
- Cárdenas, J., y Salazar, E. (2023, junio 29). *Día del Pescador sin pensiones y a merced del cambio climático*. La República. <https://larepublica.pe/economia/2023/06/29/dia-del-pescador-sin-pensiones-y-a-merced-del-cambio-climatico-produce-el-nino-pesca-artesanal-2334674>
- Chirichigno, N., y Cornejo, R. (2001). *Catálogo comentado de los peces marinos del Perú*. IMARPE.

- Choi, J., Bae, S., Lim, H., Lim, J.-A., Lee, Y.-H., Ha, M., y Kwon, H.-J. (2017). Mercury Exposure in Association With Decrease of Liver Function in Adults: A Longitudinal Study. *Journal of Preventive Medicine and Public Health = Yebang Uihakhoe Chi*, 50(6), 377-385. <https://doi.org/10.3961/jpmph.17.099>
- Congreso de la República. (2002). *Ley de Formalización y Promoción de la Pequeña Minería y la Minería Artesanal*. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-27651.pdf>
- Counter Jr, S., y Buchanan, L. (2004). Mercury exposure in children: A review. *Toxicology and applied pharmacology*, 198, 209-230. <https://doi.org/10.1016/j.taap.2003.11.032>
- Derecho, Ambiente y Recursos Naturales. (2020). *Minería Artesanal y a Pequeña Escala en el Perú: La formalización que nunca llega*. <https://dar.org.pe/mineria-artesanal-y-a-pequena-escala-en-el-peru-la-formalizacion-que-nunca-llega/>
- Dewi, N. R., Setiani, O., y Suhartono, S. (2013). Hubungan Riwayat Paparan Merkuri Dengan Gangguan Keseimbangan Tubuh Pada Penambang Emas Tradisional Di Desa Jendi Kecamatan Selogiri Kabupaten Wonogiri. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 12(1), Art. 1. [https://doi.org/10.14710/jkli.12.1.70 - 74](https://doi.org/10.14710/jkli.12.1.70-74)
- Diario Oficial de la Unión Europea. (2006). *Reglamento (CE) No 1881/2006 de la Comisión por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios*.

- Diringer, S., Feingold, B., Ortiz, E., Gallis, J., Araújo-Flores, J., Berky, A., Pan, W., y Hsu-Kim, H. (2014). River Transport of Mercury from Artisanal and Small-Scale Gold Mining and Risks for Dietary Mercury Exposure in Madre de Dios, Peru. *Environ. Sci.: Processes Impacts*, 17. <https://doi.org/10.1039/C4EM00567H>
- EPA. (2021). *Basic information about mercury*. US EPA. <https://www.epa.gov/mercury/basic-information-about-mercury>
- Erickson, R., Nichols, J., Cook, P., y Ankley, G. (2008). Bioavailability of Chemical Contaminants in Aquatic Systems. En *The Toxicology of Fishes* (pp. 9-54). <https://doi.org/10.1201/9780203647295.ch2>
- Fernandes Azevedo, B., Barros Furieri, L., Peçanha, F. M., Wiggers, G. A., Frizzera Vassallo, P., Ronacher Simões, M., Fiorim, J., Rossi de Batista, P., Fioresi, M., Rossoni, L., Stefanon, I., Alonso, M. J., Salaices, M., y Valentim Vassallo, D. (2012). Toxic Effects of Mercury on the Cardiovascular and Central Nervous Systems. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, 2012, 1-11. <https://doi.org/10.1155/2012/949048>
- Gao, Z., Wu, N., Du, X., Li, H., Mei, X., y Song, Y. (2022). Toxic Nephropathy Secondary to Chronic Mercury Poisoning: Clinical Characteristics and Outcomes. *Kidney International Reports*, 7(6), 1189-1197. <https://doi.org/10.1016/j.ekir.2022.03.009>
- GEF, ONUDI, IMARPE, y IFOP. (2002). *Gran Ecosistema Marino de la Corriente de Humboldt*.
- Genchi, G., Sinicropi, M. S., Carocci, A., Lauria, G., y Catalano, A. (2017). Mercury Exposure and Heart Diseases. *International Journal of*

Environmental Research and Public Health, 14(1), Art. 1.
<https://doi.org/10.3390/ijerph14010074>

Gonzalez, A., Alfaro, J., Mangel, J. C., y Espinoza, P. (2017). Niveles de mercurio en el tiburón martillo *Sphyrna zygaena* (Carcharhiniformes: Sphyrnidae) del norte del Perú. *Revista Peruana de Biología*, 24(4), Art. 4.
<https://doi.org/10.15381/rpb.v24i4.14066>

Government of Canada, P. S. and P. C. (2003). *Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: Inorganic mercury and methylmercury: En1-34/7-2003E - Government of Canada Publications - Canada.ca*.
<https://publications.gc.ca/site/eng/9.616362/publication.html>

Guevara Carrasco, R., y Bertrand, A. (2017). *Atlas de la pesca artesanal del mar del Perú* (IMARPE-IRD). IMARPE.
<http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/handle/123456789/3167>

Kathryn, R., y Mahaffey, D. M. (1998). *Environment Research*. 77, 104.

Ministerio de la Producción. (2019). *Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2018*.
<https://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/en/shortcode/oeedocumentos-publicaciones/publicaciones-anuales/item/901-anuario-estadistico-pesquero-y-acuicola-2018>

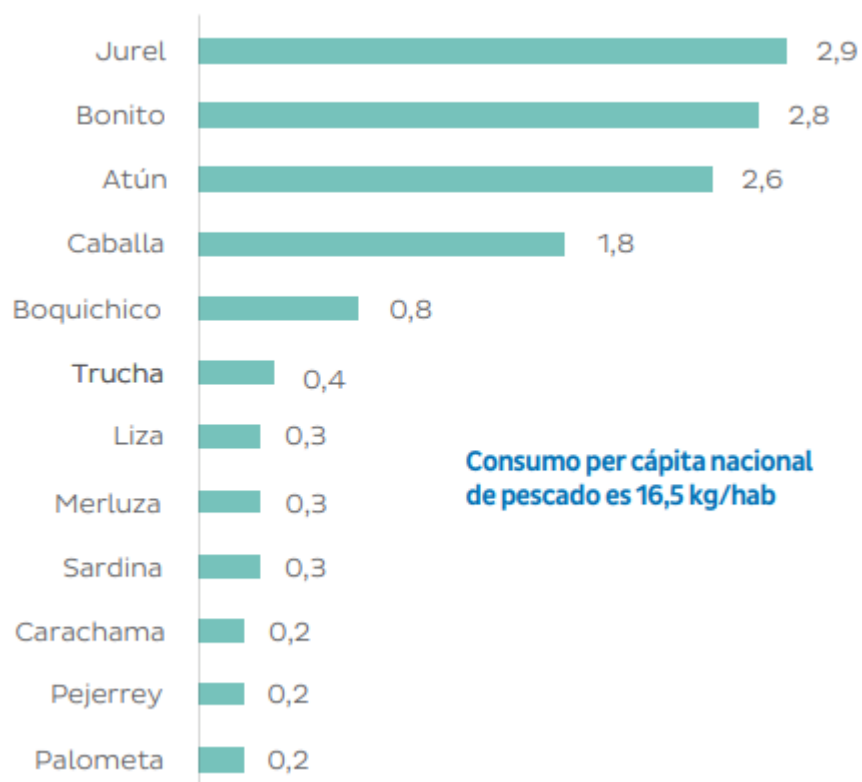
Murray, R. K., Granner, D. K., y Rodwell, V. W. (2009). *Biokimia Harper (harper's illustrated biochemistry)* (27th ed., Vol. 2009). Universitas Negeri Malang. [/free-contents/index.php/buku/detail/biokimia-harper-harpers-illustrated-biochemistry-robert-k-murray-daryl-k-granner-victor-w-rodwell-alih-bahasa-brahm-u-pendit-editor-nanda-wulandari-et-al-36281.html](http://free-contents/index.php/buku/detail/biokimia-harper-harpers-illustrated-biochemistry-robert-k-murray-daryl-k-granner-victor-w-rodwell-alih-bahasa-brahm-u-pendit-editor-nanda-wulandari-et-al-36281.html)

- Ninaja Sarmiento, P. N., y Ortiz Faucheux, R. (2020). Niveles de mercurio en los pescados de mayor consumo en los mercados de Tacna exceden límites permitidos por entidades regulatorias. *Revista Médica Basadrina*, 14(1), Art. 1. <https://doi.org/10.33326/26176068.2020.1.922>
- PAHO. (2021). *Educación en inocuidad de alimentos: Glosario de términos*. https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=10433:educacion-inocuidad-alimentos-glosario-terminos-inocuidad-de-alimentos&Itemid=41278&lang=es
- Robertson, D. R., y Allen, Gerald. R. (2015). *Peces: Pacífico Oriental. Una Guía para Peces Costeros del Pacífico Oriental Tropical*. Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales. <https://biogeodb.stri.si.edu/sfstep/es/pages>
- Salonen, J. T., Seppänen, K., Nyyssönen, K., Korpela, H., Kauhanen, J., Kantola, M., Tuomilehto, J., Esterbauer, H., Tatzber, F., y Salonen, R. (1995). Intake of mercury from fish, lipid peroxidation, and the risk of myocardial infarction and coronary, cardiovascular, and any death in eastern Finnish men. *Circulation*, 91(3), 645-655. <https://doi.org/10.1161/01.cir.91.3.645>
- Selin, N. (2009). Global Biogeochemical Cycling of Mercury: A Review. *Annual Review of Environment and Resources*, 34. <https://doi.org/10.1146/annurev.enviro.051308.084314>
- Sinh, L. X., y Huong, M. (2020). Bioaccumulation of mercury in clams (*Meretrix lyrata*) cultured at the Bach Dang estuary: A recommendation for safe daily dosage consumption of clams in Vietnam. *Vietnam Journal of Science and Technology*, 58(4), Art. 4. <https://doi.org/10.15625/2525-2518/58/4/14473>

- Susan, E. S., y et al. (2003). *The Journal of the American Medical Association*. 289, 1667.
- Sweet, L. I., y Zelikoff, J. T. (2001). Toxicology and immunotoxicology of mercury: A comparative review in fish and humans. *Journal of Toxicology and Environmental Health - Part B: Critical Reviews*, 4, 161-205.
<https://doi.org/10.1080/109374001300339809>
- Takeuki, A., Takeuki, N., y Gen, J. (1962). *Physiol.* 45, 1181.
- Tam, J., Vera, G., y Oliveros, R. (2008). *Tipos, Métodos y Estrategías de Investigación Científica*. 5, 145-154.
- Toffleson, L., y Cordle, F. (1986). *Environ Health Perspect.* 86, 203.
- United Nations Environment Programme. (2013). *Global Mercury Assessment 2013: Sources, emissions, releases, and environmental transport*.
<https://wedocs.unep.org/xmlui/handle/20.500.11822/7984>
- WHO. (1995). *General Standard For Contaminants And Toxins In Food And Feed*.
- Wosnitza-Mendo, C., Espino, M., y Veliz, M. (1988). La pesquería artesanal en el Perú durante junio de 1986 a junio de 1988. *Informe IMARPE*, 142.
- Zapata, E. (1989). Descripción y situación de las pesquerías artesanales en el Perú. *Revista de la Comisión Permanente del Pacífico Sur* N° 18, 35.
- Ziegler, E., y Filer, L. J. (1998). Conocimientos actuales sobre nutrición. *Revista Española de Salud Pública*, 72(4), 379-380.

X. ANEXOS

Anexo 1: Principales recursos pesqueros consumidos en el Perú en el año 2018.



Fuente: Produce, Sunat.

Elaboración: Produce-OEE

Anexo 2: Caleta artesanal pesquera en la localidad de el Chaco, distrito de Paracas, región Ica.



Elaboración: Propia.

Anexo 3: Características físicas del pejerrey (*Odontesthes regia regia*).



Elaboración: Propia.

Anexo 4: Composición proximal del pejerrey (*Odontesthes regia regia*).

COMPONENTE / COMPOUND	RANGO / RANGE (%)
Humedad, Moisture	75,38 - 79,10
Grasa, Fat	1,09 - 3,56
Proteína, Protein	16,45 - 20,16
Sales minerales, Ash	1,41 - 1,95
kcal (en 100 g)	75,61 - 112,68

Fuente: Barriga, Salas, Aranda, Castro, Albrecht, Solari y Arpi, 2012.

Anexo 5: Ácidos grasos presentes en el pejerrey (*Odontesthes regia regia*).

ÁCIDOS GRASOS / FATTY ACID	RANGO / RANGE (mg/100 g)
C14:0 Mirístico	22,47 - 115,98
C16:0 Palmítico	204,91 - 666,11
C16:1 Palmitoleico	46,94 - 301,18
C18:0 Esteárico	59,32 - 142,26
C18:1 ω -9 Oleico	100,63 - 397,30
C18:1 ω -7 Vaccénico	42,73 - 148,67
C18:2 ω -6 Linoleico	13,14 - 42,93
C18:4 ω -3 Estearidónico	27,23 - 49,98
C20:3 ω -3 Eicosatrienoico	19,59 - 36,53
C20:5 ω -3 Eicosapentaenoico	117,61 - 348,92
C22:5 ω -3 Clupanodónico	65,61 - 168,21
C22:6 ω -3 Docosahexaenoico	286,27 - 590,50
RESUMEN/SUMMARY	
Acidos Grasos Saturados	289,92 - 924,35
Acidos Grasos Monoinsaturados	190,29 - 847,14
Acidos Grasos Poliinsaturados	508,41 - 1237,06
EPA+ DHA	404,39 - 939,41

Fuente: Barriga, Salas, Aranda, Castro, Albrecht, Solari y Arpi, 2012.

Anexo 6: Componentes minerales presentes en el pejerrey (*Odontesthes regia regia*).

MACROELEMENTO / MACROELEMNT	RANGO / RANGE
Sodio, Sodium (mg/100 g)	132,80 - 343,50
Potasio, Potassium (mg/100 g)	228,00 - 499,06
Calcio, Calcium (mg/100 g)	75,00 - 225,80
Magnesio, Magnesium (mg/100 g)	36,40 - 67,90
Fósforo, Phosphorus (mg/100 g)	204,00 - 376,30
MICROELEMENTO/MICROELEMENT	
Cobre, Copper (mg/kg)	0,45 - 2,12
Hierro, Iron (mg/kg)	3,77 - 9,06

Fuente: Barriga, Salas, Aranda, Castro, Albrecht, Solari y Arpi, 2012.

Anexo 7: Composición física del pejerrey (*Odontesthes regia regia*).

COMPONENTE / COMPONENT	RANGO / RANGE (%)
Cabeza / Head	11,18 - 16,55
Visceras / Gut and gills	11,79 - 20,55
Espinas / Fishbones	6,25 - 13,28
Piel / Skin	6,35 - 8,93
Aletas / Fins	2,58 - 5,94
Filetes sin piel / Fillets without skin	36,43 - 46,96
Pérdidas / Wastes	0,97 - 9,20

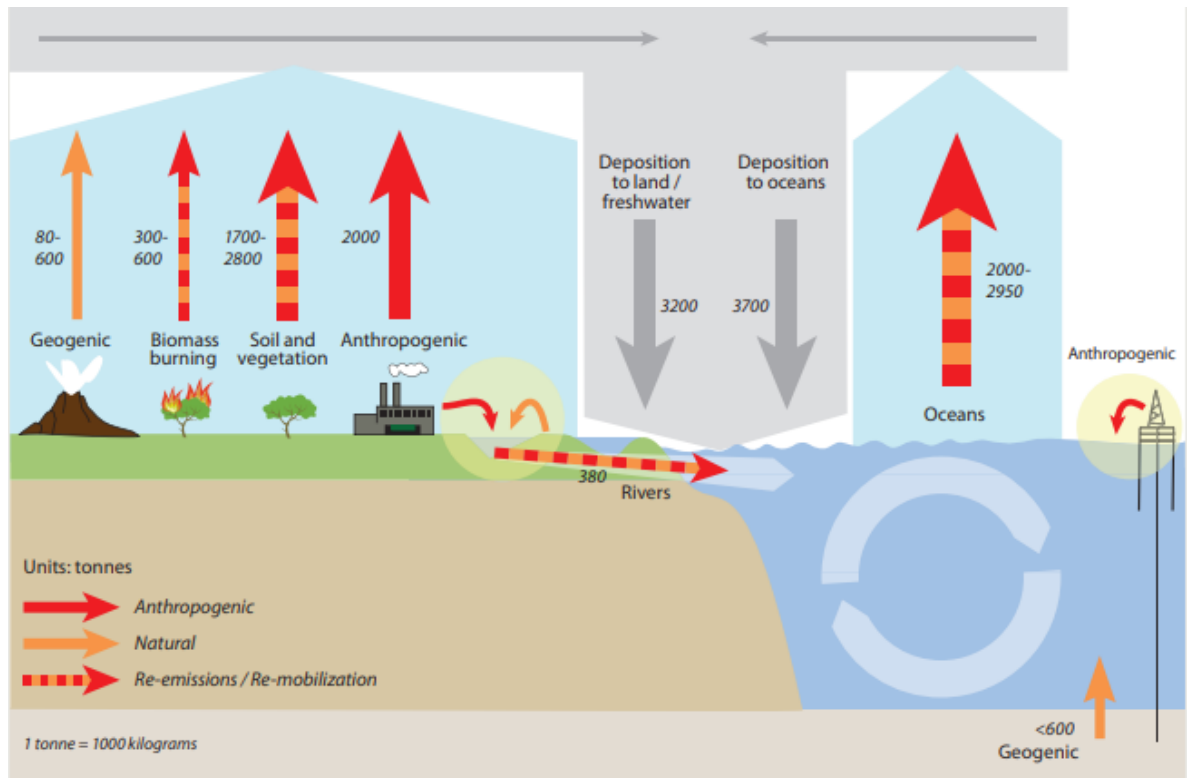
Fuente: Barriga, Salas, Aranda, Castro, Albrecht, Solari y Arpi, 2012.

Anexo 8: Emisiones al aire de mercurio de varios sectores, en toneladas por año, con base en el inventario de emisiones globales de 2010 como porcentaje de las emisiones antropogénicas.

Sector	Emission (range), tonnes*	%**
<i>By-product or unintentional emissions</i>		
Fossil fuel burning		
Coal burning (all uses)	474 (304 - 678)	24
Oil and natural gas burning	9.9 (4.5 - 16.3)	1
Mining, smelting, & production of metals		
Primary production of ferrous metals	45.5 (20.5 - 241)	2
Primary production of non-ferrous metals (Al, Cu, Pb, Zn)	193 (82 - 660)	10
Large-scale gold production	97.3 (0.7 - 247)	5
Mine production of mercury	11.7 (6.9 - 17.8)	<1
Cement production	173 (65.5 - 646)	9
Oil refining	16 (7.3 - 26.4)	1
Contaminated sites	82.5 (70 - 95)	4
<i>Intentional uses</i>		
Artisanal and small-scale gold mining	727 (410 - 1040)	37
Chlor-alkali industry	28.4 (10.2 - 54.7)	1
Consumer product waste	95.6 (23.7 - 330)	5
Cremation (dental amalgam)	3.6 (0.9 - 11.9)	<1
Grand Total	1960 (1010 - 4070)	100

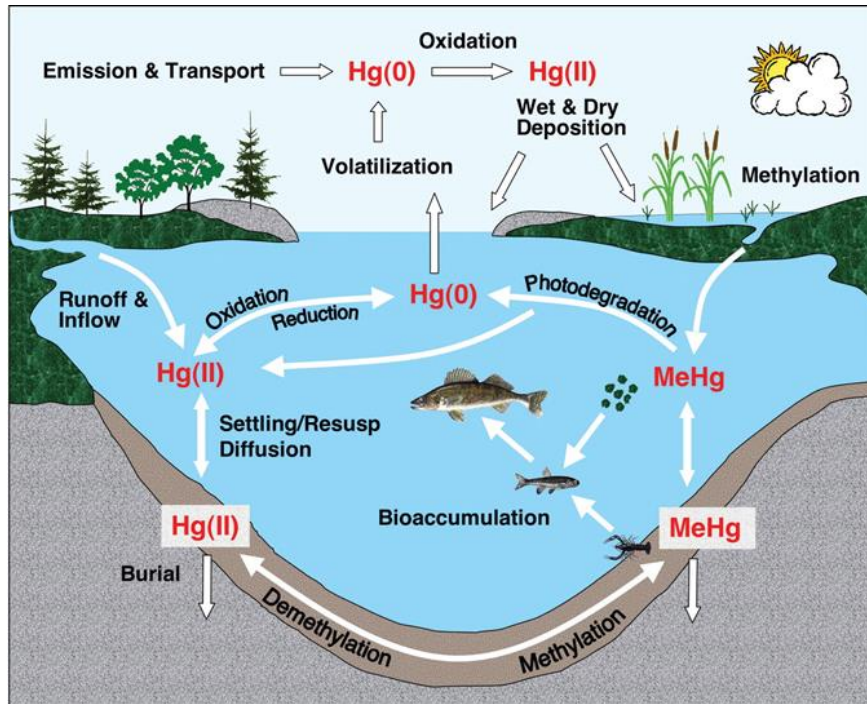
Fuente: Global Mercury Assessment 2013: Sources, emissions, releases, and environmental transport, 2013.

Anexo 9: El ciclo global del mercurio.



Fuente: Global Mercury Assessment 2013: Sources, emissions, releases, and environmental transport, 2013.

Anexo 10: Ciclo del mercurio en un lago y su cuenca.



Fuente: Global Biogeochemical Cycling of Mercury: A Review, 2009.

Anexo 11: Pejerrey correspondiente a una jornada de pesca (aproximadamente 20 kg).



Anexo 12: Caleta artesanal pesquera de Chorrillos: “Asociación José Silverio
Olaya Balandra: Pescadores Artesanales de la caleta de Chorrillos”.



Anexo 13: Caleta artesanal pesquera de Chorrillos: “Asociación José Silverio Olaya Balandra: Pescadores Artesanales de la caleta de Chorrillos”.



Anexo 14: Caleta artesanal pesquera de Chorrillos: “Asociación José Silverio Olaya Balandra: Pescadores Artesanales de la caleta de Chorrillos”.



Anexo 15: Caleta artesanal pesquera de Pucusana: “Desembarcadero Pesquero Artesanal de Pucusana”.



Anexo 16: Caleta artesanal pesquera de Pucusana: “Desembarcadero Pesquero Artesanal de Pucusana”.



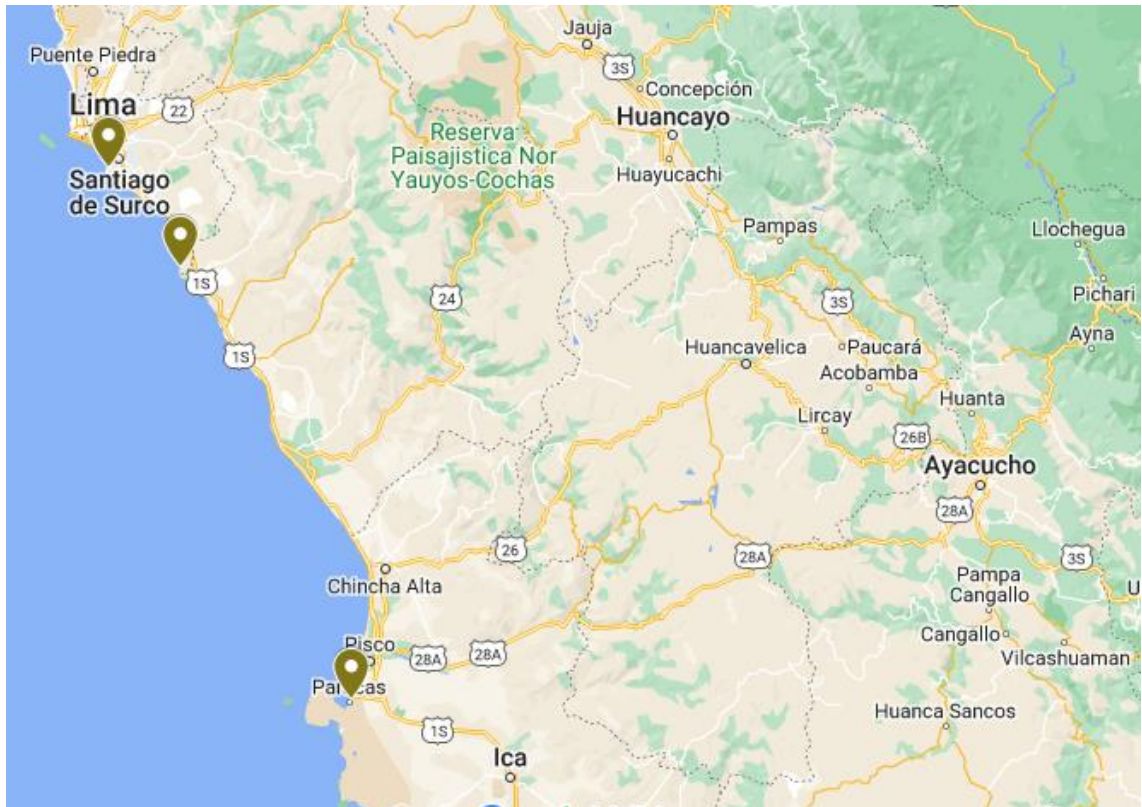
Anexo 17: Caleta artesanal pesquera de Pucusana: “Desembarcadero Pesquero Artesanal de Pucusana”.



Anexo 18: Caleta artesanal pesquera de Paracas: Muelle El Chaco.



Anexo 19: Puntos de colecta del pejerrey.



Elaboración: Propia.

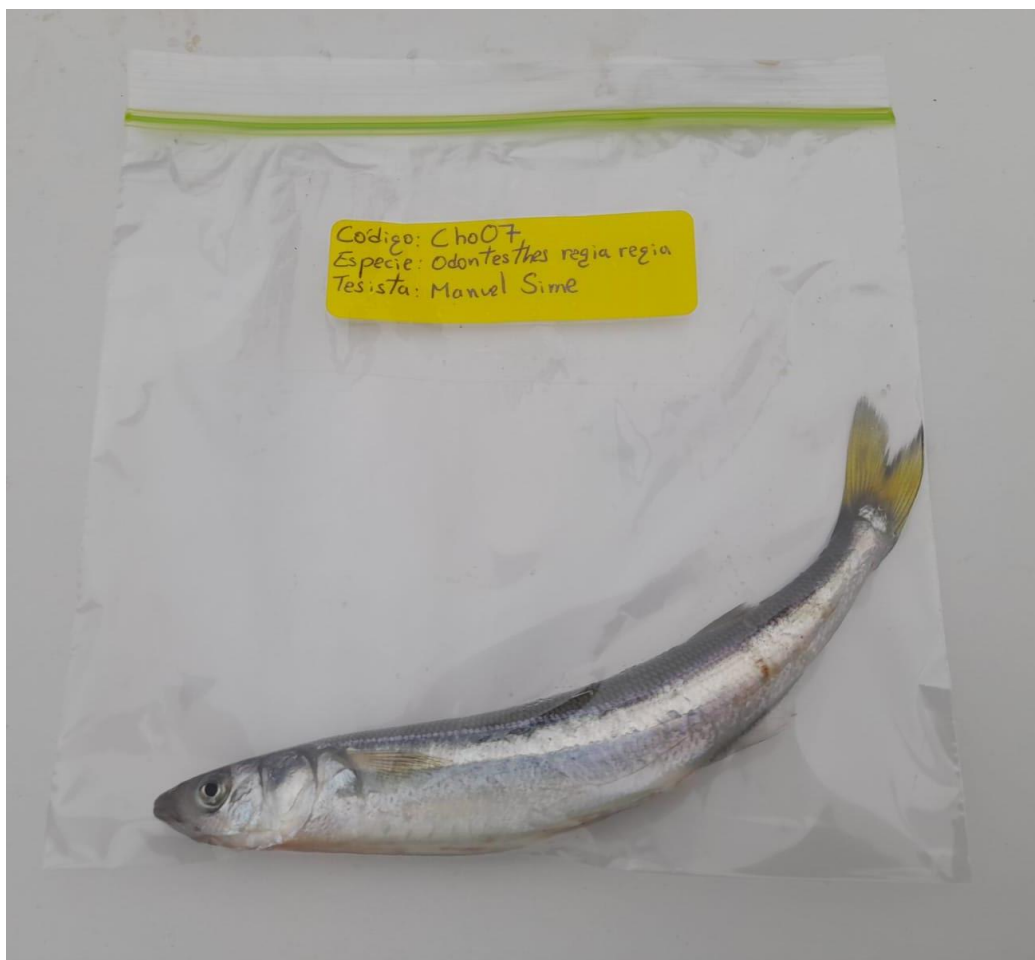
Anexo 20: Obtención de valores productivos del pejerrey.



Anexo 21: Obtención de valores productivos del pejerrey.



Anexo 22: Rotulado del pejerrey colectado.



Anexo 23: Conservación del pejerrey colectado para su traslado.



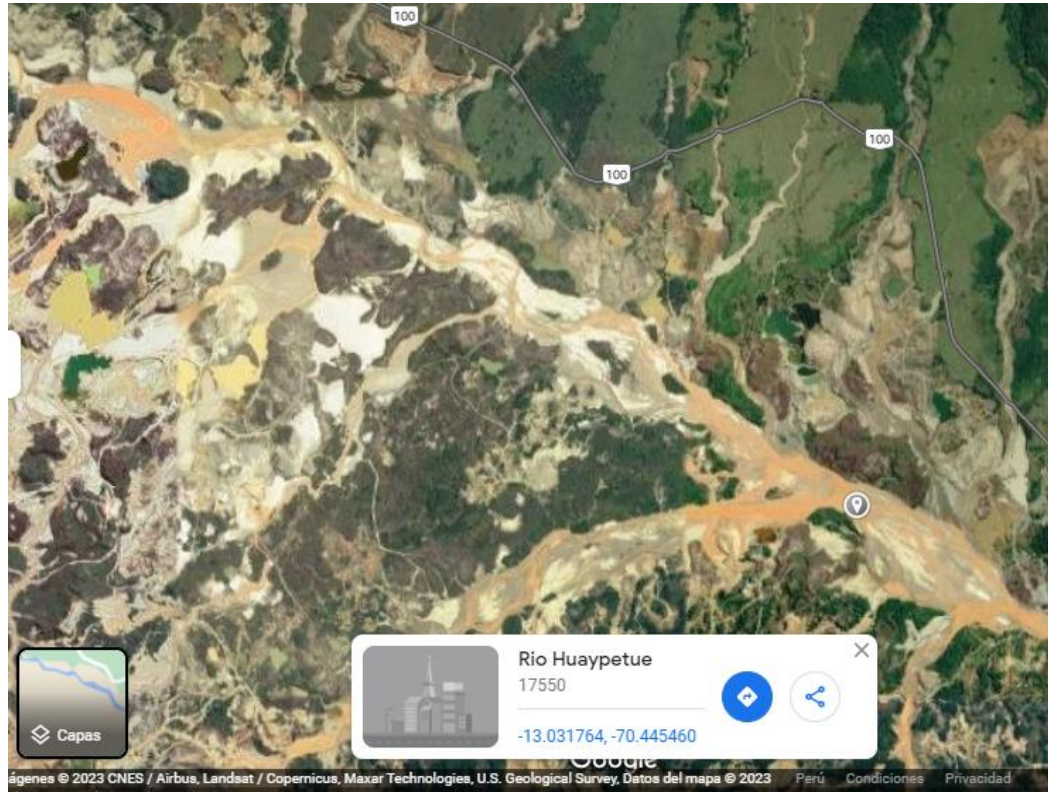
Anexo 24: Conservación del pejerrey colectado para su traslado.



Anexo 25: Concentración de mercurio total, longitud y peso de pejerreyes provenientes de pesca artesanal del mar adyacente a la caleta de pescadores de los distritos de Chorrillos y Pucusana en la región Lima, y Paracas en la región Ica, año 2022.

Código	Distrito de colecta	Hg total (mg/kg)	Longitud (cm)	Peso (gr)
Cho01	Chorrillos	0.006	18	38.03
Cho02	Chorrillos	0.005	17	36.08
Cho03	Chorrillos	0.004	16	26.15
Cho04	Chorrillos	0.007	14.5	22.12
Cho05	Chorrillos	0.008	16	31.16
Cho06	Chorrillos	0.002	17	31.65
Cho07	Chorrillos	0.002	17	32.10
Cho08	Chorrillos	0.001	18.5	40.04
Cho09	Chorrillos	0.004	17.5	33.45
Cho10	Chorrillos	0.005	15.5	25.35
Puc01	Pucusana	0.003	14.5	25.34
Puc02	Pucusana	0.008	14.5	21.90
Puc03	Pucusana	0.005	14.5	21.10
Puc04	Pucusana	0.002	14.5	20.70
Puc05	Pucusana	0.007	14.5	23.42
Puc06	Pucusana	0.007	14.5	17.10
Puc07	Pucusana	0.006	15	23.57
Puc08	Pucusana	0.001	14.5	21.52
Puc09	Pucusana	0.001	15.5	24.94
Puc10	Pucusana	0.002	14.5	21.00
Par01	Paracas	0.003	14.5	20.63
Par02	Paracas	0.002	14.5	19.50
Par03	Paracas	0.007	14.2	19.02
Par04	Paracas	0.005	15	24.70
Par05	Paracas	0.003	15	22.20
Par06	Paracas	0.006	14.7	21.43
Par07	Paracas	0.006	15.5	20.00
Par08	Paracas	0.002	14.5	22.10
Par09	Paracas	0.002	14.5	20.28
Par10	Paracas	0.007	14	18.90

Anexo 26: Vista satelital de contaminación ambiental de tipo antropogénica por extracción de oro en la región de Madre de Dios.



Fuente: Google maps, 2023.