

UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Y TECNOLOGIAS

TRABAJO DE TITULACION:

Grupo de Investigación BioCal; Carrera de Biología; Facultad de Ciencias de la Vida y
Tecnologías; Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí

TEMA:

Evaluación de la presencia de mercurio en peces pelágicos pequeños
destinados al consumo humano, desembarcados en
Manta, Ecuador.

AUTORES:

- Cevallos López Andy Alejandro
- Cevallos López Anthony Jerimen

TUTOR:

Eduardo Xavier Pico Lozano

MANTA-MANABI-ECUADOR

2025-2

DECLARACIÓN DE AUTORÍA



Yo, **Cevallos López Andy Alejandro**, con número de cédula de identidad **131535799-4**, estudiante de la carrera **Biología** de la Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías perteneciente a la **Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí**, declaro bajo juramento que el presente trabajo de titulación, en modalidad **artículo académico**, titulado: **“Evaluación de la presencia de mercurio en peces pelágicos pequeños destinados al consumo humano, desembarcados en Manta, Ecuador.** Es de nuestra autoría y ha sido desarrollado de manera grupal.

Este trabajo es original, no ha sido previamente publicado ni presentado para la obtención de otro título o grado académico en esta u otra institución de educación superior.

Asimismo, declaro que he respetado los derechos de autor y he citado adecuadamente todas las fuentes utilizadas, conforme a las normativas académicas vigentes.

En fe de lo cual, firmo la presente declaración en **Manta**, en el mes de **septiembre** del año **2025**.

Cevallos López Andy Alejandro

C.I.: 131535799-4

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, **Cevallos López Anthony Jerimen**, con número de cédula de identidad **1316811981**, estudiante de la carrera **Biología** de la Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías



perteneciente a la **Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí**, declaro bajo juramento que el presente trabajo de titulación, en modalidad **artículo académico**, titulado: **“Evaluación de la presencia de mercurio en peces pelágicos pequeños destinados al consumo humano, desembarcados en Manta, Ecuador.** Es de nuestra autoría y ha sido desarrollado de manera grupal.

Este trabajo es original, no ha sido previamente publicado ni presentado para la obtención de otro título o grado académico en esta u otra institución de educación superior.

Asimismo, declaro que he respetado los derechos de autor y he citado adecuadamente todas las fuentes utilizadas, conforme a las normativas académicas vigentes.

En fe de lo cual, firmo la presente declaración en **Manta**, en el mes de **septiembre** del año **2025**.

Cevallos López Anthony Jerimen

C.I.: 131681198-4

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías de la universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:



Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría del estudiante Cevallos López Andy Alejandro legalmente matriculado en la carrera de Biología, período académico 2025-2, cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto o núcleo problémico es **“Evaluación de la presencia de mercurio en peces pelágicos pequeños destinados al consumo humano, desembarcados en Manta, Ecuador.”**

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad de la misma, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 30 de Enero 2026.

Lo certifico

Biol. Eduardo Xavier PICO LOZANO, PhD.

Docente Tutor

Área: Grupo de investigación BIOCAL

AGRADECIMIENTO

Infinitas gracias a Dios por la salud, la sabiduría y por acompañarme en cada paso de este gran desafío. Él fue mi fortaleza en todo momento.

A mi familia, gracias por el amor sin condiciones y por ser mi mayor apoyo emocional. Gracias por no dejarme rendir y por caminar a mi lado durante toda mi formación. ¡Lo logramos juntos!

Hago extensivo mi agradecimiento a mis docentes y tutores, cuya generosidad al compartir sus conocimientos y su guía constante fueron piezas clave en la



construcción de este artículo. Su visión y rigor profesional han dejado una huella invaluable en mi crecimiento académico.

Asimismo, a mis amigos y compañeros, les agradezco por ser el apoyo moral y colaborativo que transformó este desafío en una experiencia enriquecedora. Finalmente, mi gratitud para todas aquellas personas que, con sus aportes directos o indirectos, hicieron posible la culminación de esta etapa trascendental.

CEVALLOS LOPEZ ANDY ALEJANDRO

DEDICATORIA 1

A Dios quien me brindo la fortaleza y sabiduría necesaria para tomar decisiones en cada paso de mi vida y sobre todo permitirme disfrutar de este logro tan importante para mí.

A mis padres ANA MARIA LOPEZ LUCAS y JOSELO JEREMIAS CEVALLOS ROLDAN, quienes me enseñaron afrontar las dificultades y nunca rendirme. Gracias a ellos por ellos por forjarme con buenos principios, valores, perseverancia y empeño. Todo esto inculcado con una dosis de amor y sin recibir nada a cambio. Agradecido siempre por sus buenos.

A mis hermanos José Luis Cevallos y Anthony quien se convertido mas que mi hermano un compañero de vida, permitiéndome lograr mi objetivo y forjar momentos inolvidables en todo momento.



A mi futura esposa GABRIELA ELIZABETH SALAZAR que Amo con mi vida y que siempre me motivo a no rendirme y seguir adelante. Por su apoyo constante, comprensión y motivación a lo largo de este proceso. Su paciencia, animo y confianza en mi fueron fundamental para no rendirme y seguir adelante a culminar esta etapa académica.

CEVALLOS LOPEZ ANDY ALEJANDRO

DEDICATORIA 2

A Dios por darme la vida y estar siempre conmigo, guiando mi camino.

A mis padres ANA MARIA LOPEZ LUCAS y JOSELO JEREMIAS CEVALLOS ROLDAN. Por su gran esfuerzo y apoyo incondicional, siendo ellos mi motor y mi mayor inspiración que atreves de su amor, paciencia buenos valores he podido culminar esta nueva meta en mi vida.

A mis hermanos JOSE LUIS Y ANDY por haber logrado nuestro gran objetivo juntos y sobre todo por el maravilloso momento que hemos compartido.

Al Biólogo XAVIER PICO LOZANO tutor de tesis por su valiosa guía y asesoramientos, por cada valiosa aportación, gracias a todos los que nos brindaron su ayuda en este proyecto.

CEVALLOS LOPEZ ANTHONY JERIMEN

Contenido

Dedicatoria 1	3
DEDICATORIA 2	4
RESUMEN	5
Abstract.....	6
INTRODUCCIÓN.....	7
METODOLOGÍA	8
Área y diseño de muestreo.	8
Manipulación y conservación de muestras.....	8
Determinación de mercurio.	9
Principio de funcionamiento	9
1. Descomposición térmica:	9



2.....	Conversión catalítica:
9	
3. Amalgamación:	9
4. Desorción y detección:.....	9
Análisis estadístico.	10
RESULTADOS	10
Tabla 1. Concentraciones por especie	10
Análisis estadístico	11
Comparación con límites normativos.....	11
DISCUSIÓN.....	12
CONCLUSIONES	13
REFERENCIAS.....	15
ANEXO.....	17

RESUMEN

Se evaluó la concentración de mercurio total (Hg) en seis especies de peces pelágicos pequeños pámpano (*Prepilius medius*), carita (*Selene peruviana*), camotillo (*Decapterus* spp.), caballa verde (*Scomber japonicus peruanus*), caballa ojona (*Caranx caballus*) y bonito (*Katsuwonus pelamis*)— desembarcadas en el puerto de Manta y caletas aledañas durante el primer semestre de 2025. Se analizaron 120 muestras de músculo dorsal mediante el método AOAC 2015.01 con un Analizador Directo de Mercurio DMA-80 (Milestone, Italia). Las concentraciones de Hg oscilaron entre 0,005 y 0,35 mg/kg, con valores medios de 0,025–0,045 mg/kg para la mayoría de especies y 0,168 mg/kg para el bonito. El análisis estadístico no paramétrico (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) evidenció diferencias significativas, siendo el bonito la especie con valores más altos. Ninguna muestra superó el límite de 0,5 mg/kg establecido por Codex Alimentarius (2019) y la NTE 183 INEN, lo que indica un riesgo toxicológico mínimo para el consumidor. Se concluye que los pelágicos pequeños de Manta son seguros para el consumo humano y



que el método DMA-80 resulta eficiente para el monitoreo rutinario de contaminantes metálicos.

Palabras clave: mercurio, peces pelágicos, seguridad alimentaria, Ecuador.

Abstract

The total mercury (Hg) concentration was evaluated in six species of small pelagic fish—pampano (*Prepilius medius*), moonfish (*Selene peruviana*), mackerel scad (*Decapterus* spp.), Pacific chub mackerel (*Scomber japonicus peruanus*), bigeye jack (*Caranx caballus*), and skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*)—landed at the Port of Manta and nearby fishing coves during the first semester of 2025. A total of 120 dorsal muscle samples were analyzed using the AOAC 2015.01 method with a Direct Mercury Analyzer DMA-80 (Milestone, Italy). Mercury concentrations ranged from 0.005 to 0.35 mg/kg, with mean values of 0.025–0.045 mg/kg for most species and 0.168 mg/kg for skipjack tuna. The non-parametric Kruskal–Wallis test ($p < 0.05$) revealed significant differences, with skipjack showing higher Hg levels. None of the samples exceeded the 0.5 mg/kg limit established by Codex Alimentarius (2019) and Ecuadorian standards (NTE INEN), indicating a minimal toxicological risk for consumers. The study concludes that small pelagic fish from Manta are safe for human consumption and that the DMA-80 method is an effective tool for routine monitoring of metallic contaminants.

Keywords: mercury, pelagic fish, food safety, Ecuador.

INTRODUCCIÓN

Los peces pelágicos pequeños representan un componente esencial de la dieta costera en Ecuador y constituyen un insumo clave para la seguridad alimentaria y el sustento económico de comunidades pesqueras (FAO, 2020). En el puerto de Manta, el más importante del país, se desembarcan de forma constante especies como el pámpano (*Prepilius medius*), la carita (*Selene peruviana*), el camotillo (*Decapterus spp.*), la caballa verde (*Scomber japonicus peruanus*), la caballa ojona (*Caranx caballus*) y el bonito (*Katsuwonus pelamis*), las cuales son ampliamente consumidas a nivel local y también forman parte de cadenas de comercialización nacional e internacional (Instituto Nacional de Pesca [INP], 2010).

La creciente preocupación global por la contaminación marina ha resaltado el riesgo asociado a la acumulación de metales pesados, especialmente mercurio (Hg), cadmio (Cd) y plomo (Pb), por su toxicidad y capacidad de bioacumulación (Echevarría et al., 2025). El mercurio, en su forma metilada, afecta el sistema nervioso y el desarrollo



neurrológico fetal (Yáñez-Jácome et al., 2024). El cadmio se vincula con daño renal y hepático crónico (Senior et al., 2016), mientras que el plomo genera alteraciones neurológicas y cardiovasculares incluso a bajas dosis (Araújo & Cedeño, 2016).

La acumulación de estos metales depende de factores como la posición trófica y la longevidad de cada especie. Los grandes depredadores como tiburones y atunes suelen acumular más mercurio, mientras que pelágicos medianos y pequeños tienden a presentar valores inferiores, aunque no exentos de riesgo (FDA, 2012; Codex Alimentarius, 2019). Esto hace necesario un control regular de especies de consumo frecuente para garantizar inocuidad y salud pública.

Los organismos internacionales han establecido límites máximos permisibles para proteger a los consumidores. El Codex Alimentarius señala para músculo de pescado 0,5 mg/kg de Hg en especies no depredadoras (1,0 mg/kg para grandes depredadores), 0,05 mg/kg para Cd y 0,3 mg/kg para Pb (Codex Alimentarius, 2019). La Unión Europea, mediante el Reglamento (CE) 1881/2006 y su actualización 2023/915, mantiene valores equivalentes (Unión Europea, 2023). En Ecuador, la norma técnica NTE INEN adopta estos mismos parámetros: $Cd \leq 0,05$ mg/kg, $Pb \leq 0,3$ mg/kg y $Hg \leq 0,5$ mg/kg para la mayoría de las especies (INP, 2010).

Los antecedentes nacionales muestran que, aunque la mayoría de los recursos pesqueros cumplen con la normativa, se han detectado casos puntuales de sobrepaso en especies de mayor tamaño. El Instituto Nacional de Pesca, en su monitoreo entre 2006 y 2009, reportó que la gran mayoría de productos cumplían con los límites, salvo algunos atunes y picudos con valores de Hg entre 5,4 y 6,2 mg/kg (Moncayo et al., 2010). Senior et al. (2016), en Machala, hallaron dorados con Hg entre 1,37 y 2,57 mg/kg y atunes con 0,55 mg/kg, mientras que el Cd fue indetectable y el Pb cercano al límite permisible. Araújo y Cedeño (2016), en Manta, encontraron que cerca del 50 % de atunes y dorados superaron límites

de Hg y Cd. Cabrera (2021), al analizar caballa verde, reportó Cd entre 0,015 y 0,067 mg/kg —con algunos valores sobre el umbral— y Pb muy bajo. A nivel general, la FDA (2012) ha documentado niveles bajos de Hg en sardinas y peces similares, aunque advierte variaciones regionales.

Además, estudios recientes como Yáñez-Jácome et al. (2024) confirman que los grandes depredadores siguen excediendo límites de Hg, mientras que Echevarría et al. (2025) evidencian que factores antrópicos, como la minería, incrementan significativamente la carga de metales en ambientes acuáticos ecuatorianos, sugiriendo la necesidad de monitoreos periódicos en zonas costeras con alta actividad industrial y pesquera.

Considerando que la información reciente sobre peces pelágicos pequeños en Manta es limitada y que estas especies son consumidas frecuentemente por la población local, se requiere una actualización de datos que respalde evaluaciones de riesgo alimentario y cumplimiento normativo.



METODOLOGÍA

Área y diseño de muestreo.

Durante el primer semestre de 2025 se recolectaron 120 ejemplares de seis especies de peces pelágicos pequeños en el puerto de Manta y caletas aledañas (Jaramijó, San Mateo y Santa Marianita), principales zonas de desembarque artesanal y semiindustrial de la provincia de Manabí.

Las especies evaluadas fueron: pámpano (*Prepilius medius*, $n = 20$), carita (*Selene peruviana*, $n = 20$), camotillo (*Decapterus spp.*, $n = 20$), caballa verde (*Scomber japonicus peruanus*, $n = 20$), caballa ojona (*Caranx caballus*, $n = 20$) y bonito (*Katsuwonus pelamis*, $n = 20$).

Manipulación y conservación de muestras.

Tras la captura, los ejemplares fueron mantenidos a 0°C en contenedores con hielo hasta su traslado a la planta de la empresa MARDEX (Manta, Ecuador). Se extrajo músculo dorsal comestible (aprox. 50 g por ejemplar), evitando piel y espinas, y se almacenó congelado a -20 °C hasta su análisis.

Determinación de mercurio.

La cuantificación de mercurio total (Hg) se realizó en el laboratorio de control de calidad de la empresa MARDEX, empleando un Analizador Directo de Mercurio DMA-80 (Milestone, Italia) sin digestión previa, siguiendo el método AOAC Official Method 2015.01 validado para productos pesqueros.

- Cada corrida incluyó controles de calidad: blancos, material de referencia certificado (DORM-4, NRC Canadá) y patrones de calibración preparados a partir de soluciones estándar (Merck®).
- Límite de detección (LOD): 0,005 mg/kg; límite de cuantificación (LOQ): 0,01 mg/kg.
- Cada muestra se analizó en duplicado y los resultados se expresaron en mg/kg de peso húmedo.

Método analítico: El analizador directo de mercurio DMA-80 de Milestone utiliza la técnica de descomposición térmica, amalgamación y espectrofotometría de absorción



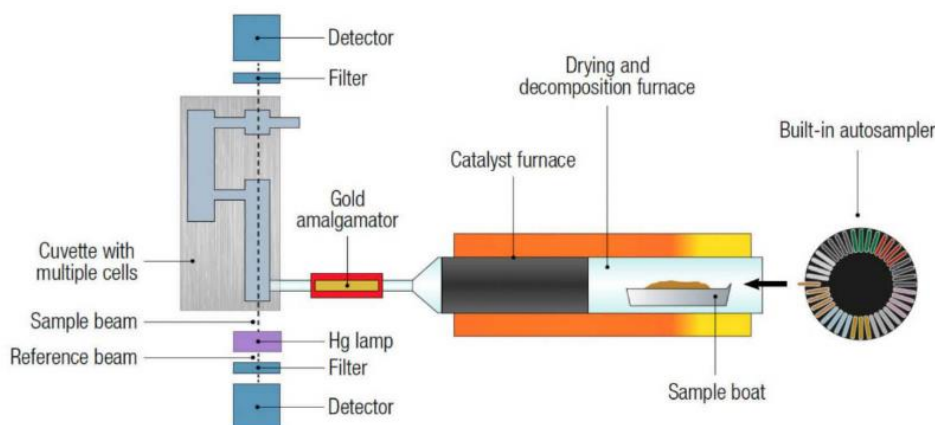
atómica (SAA) para determinar el contenido de mercurio total sin necesidad de preparación previa de la muestra. Este método cumple con normativas como la EPA 7473 y ASTM D-6722-01, y se utiliza para analizar diversas matrices como alimentos, suelos, aguas y residuos.

Principio de funcionamiento

El proceso del DMA-80 (Figura 1) consta de las siguientes etapas:

1. **Descomposición térmica:** Se introduce la muestra (sólida) en una barquilla de cuarzo o níquel dentro del horno. La muestra se seca y se descompone térmicamente en un flujo de oxígeno, liberando vapor de mercurio y otros productos de combustión.
2. **Conversión catalítica:** Los gases de combustión pasan a través de un catalizador caliente (750 °C) que elimina las interferencias, como halógenos y óxidos de nitrógeno y azufre, asegurando que solo el mercurio elemental gaseoso (Hg^0) continúe el proceso.
3. **Amalgamación:** El vapor de mercurio purificado es capturado y concentrado en un amalgamador de oro, el cual adsorbe selectivamente el mercurio.
4. **Desorción y detección:** El amalgamador se calienta rápidamente, liberando el mercurio capturado en una ráfaga. El pulso de vapor pasa a través de una celda de absorción, donde se detecta mediante espectrofotometría de absorción atómica (SAA) a una longitud de onda de 254 nm. El software del equipo cuantifica la concentración de mercurio a partir de la intensidad de la señal.

Figura 1. DMA-80



Análisis estadístico.

Se calcularon medidas descriptivas (media, desviación estándar, rango) para cada especie. Las diferencias en concentración de Hg entre especies se evaluaron mediante ANOVA de un factor y prueba de Tukey ($p < 0,05$). Se determinó el porcentaje de muestras que



superaron el límite máximo de Hg para peces no depredadores (0,5 mg/kg) según Codex Alimentarius (2019) y NTE 183 INEN vigente.

RESULTADOS

Se analizaron 120 muestras de músculo dorsal pertenecientes a seis especies de peces pelágicos pequeños desembarcadas en el puerto de Manta y caletas adyacentes durante 2025. Las concentraciones de mercurio total (Hg) estuvieron en el rango de 0,005 a 0,35 mg/kg, con medias (Tabla 1) muy por debajo del límite máximo permitido de 0,5 mg/kg establecido por Codex Alimentarius (2019) y la normativa ecuatoriana (INEN).

Tabla 1. Concentraciones por especie

Especie	n	Media $\pm$ DE (mg/kg)	Rango (mg/kg)	% sobre 0,5 mg/kg
Pámpano (<i>Prepilus medius</i>)	20	0,028 $\pm$ 0,013	0,006 – 0,057	0%
Carita (<i>Selene peruviana</i>)	20	0,032 $\pm$ 0,015	0,006 – 0,067	0%
Camotillo (<i>Decapterus spp.</i>)	20	0,025 $\pm$ 0,011	0,005 – 0,048	0%
Caballa verde (<i>Scomber japonicus peruanus</i>)	20	0,040 $\pm$ 0,018	0,011 – 0,079	0%
Caballa ojona (<i>Caranx caballus</i>)	20	0,045 $\pm$ 0,019	0,011 – 0,086	0%
Bonito (<i>Katsuwonus pelamis</i>)	20	0,168 $\pm$ 0,083	0,022 – 0,350	0%

Fuente: Elaboración Propia

Nota: Ninguna muestra excedió el límite de 0,5 mg/kg establecido para peces no depredadores.

Las especies bonito y caballa ojona mostraron valores promedio de Hg mayores en comparación con los demás pelágicos, aunque dentro de niveles seguros. Las especies más pequeñas como camotillo y pámpano presentaron las concentraciones más bajas, con medias cercanas a 0,025–0,028 mg/kg.

Análisis estadístico

Debido a que los datos no siguen una distribución normal, se utilizó el contraste Kruskal-Wallis que evidenció diferencias significativas entre especies ($p < 0,05$). La prueba post hoc de Dunn (Tabla 2) indicó que el bonito tuvo concentraciones de Hg significativamente superiores a las del camotillo, pámpano y carita ($p < 0,01$). Entre las



demás especies pelágicas no se observaron diferencias estadísticamente relevantes (Gráfico 1 y 2).

Comparación con límites normativos

- 100% de las muestras cumplieron con el límite máximo de 0,5 mg/kg establecido por Codex Alimentarius y NTE 183 INEN para peces no depredadores.
- Incluso el valor máximo registrado (0,35 mg/kg en bonito) fue un 30 % inferior al límite regulatorio.

Tabla 2. Prueba de comparación de Dunn para datos no paramétricos.

Comparaciones Post-hoc de Dunn - Especie común

Comparación	z	W _i	W _j	r _{tb}	p	PBonf	PHolm
Pámpano - Carita	-0.909	45.93	55.93	0.183	.363	1.000	1.000
Pámpano - Camotillo	-0.061	45.93	46.60	-0.010	.951	1.000	1.000
Pámpano - Caballa verde	-1.718	45.93	64.83	0.370	.086	1.000	.858
Pámpano - Caballa ojona	-0.086	45.93	46.88	0.085	.931	1.000	1.000
Pámpano - Bonito	-5.175	45.93	102.85	0.830	< .001	< .001	< .001
Carita - Camotillo	0.848	55.93	46.60	-0.178	.397	1.000	1.000
Carita - Caballa verde	-0.809	55.93	64.83	0.160	.418	1.000	1.000
Carita - Caballa ojona	0.823	55.93	46.88	-0.173	.411	1.000	1.000
Carita - Bonito	-4.266	55.93	102.85	0.830	< .001	< .001	< .001
Camotillo - Caballa verde	-1.657	46.60	64.83	0.373	.098	1.000	.878
Camotillo - Caballa ojona	-0.025	46.60	46.88	0.085	.980	1.000	1.000
Camotillo - Bonito	-5.114	46.60	102.85	0.745	< .001	< .001	< .001
Caballa verde - Caballa ojona	1.632	64.83	46.88	-0.360	.103	1.000	.878
Caballa verde - Bonito	-3.457	64.83	102.85	0.830	< .001	.008	.006
Caballa ojona - Bonito	-5.089	46.88	102.85	1.000	< .001	< .001	< .001

Nota. Correlación de rango biserial basada en contrastes de Mann-Whitney individuales.

Gráfico 1. Valores de mercurio (Hg).

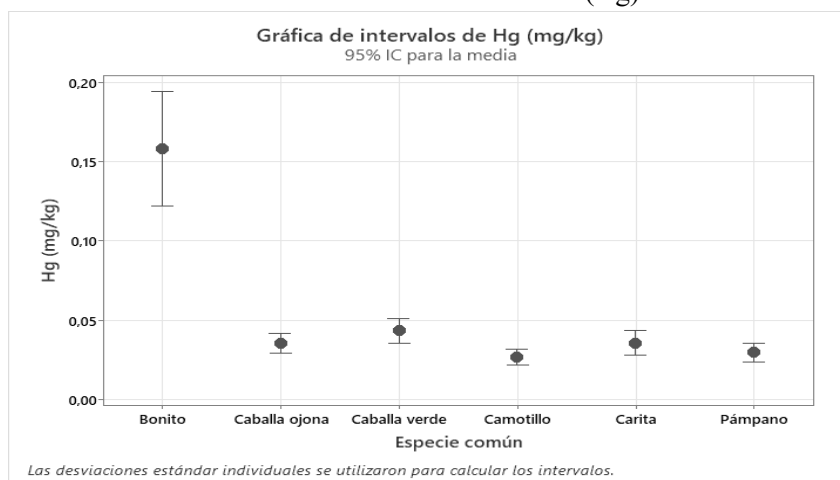
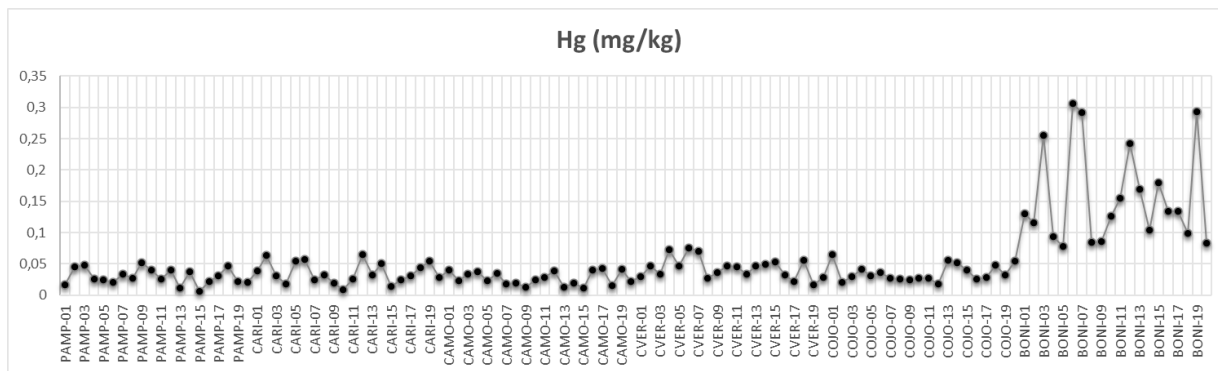


Gráfico 2. Concentraciones de Hg de todas las muestras analizadas.



DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos muestran que las concentraciones de mercurio total en las seis especies de peces pelágicos pequeños analizadas fueron muy inferiores al límite máximo permisible de 0,5 mg/kg establecido por el *Codex Alimentarius* (2019) y la normativa ecuatoriana (NTE 183 INEN). Ninguna de las 120 muestras evaluadas superó este umbral, lo que indica un bajo riesgo de exposición a mercurio para los consumidores locales, incluso en especies con valores relativamente mayores como el bonito (*Katsuwonus pelamis*).

Estos hallazgos son consistentes con reportes internacionales que describen niveles de Hg muy bajos en peces pelágicos pequeños, atribuibles a su posición trófica baja y ciclo de vida corto, que limitan la bioacumulación (FDA, 2012; Codex Alimentarius, 2019). En Ecuador, estudios previos como el de Cabrera (2021) en caballa verde reportaron concentraciones de Hg inferiores a 0,08 mg/kg, similares a las obtenidas en el presente estudio. De igual forma, Moncayo et al. (2010) y Araújo & Cedeño (2016) demostraron que las mayores preocupaciones por mercurio se centran en peces de mayor tamaño y longevidad como atunes y dorados, con valores que pueden superar ampliamente 1 mg/kg.

El bonito presentó el promedio de Hg más alto entre las especies evaluadas (0,168 mg/kg), aunque sin exceder los límites normativos. Esta tendencia se explica porque el bonito es un pez de crecimiento rápido y dieta más variada que otros pelágicos pequeños, lo que puede incrementar su carga de Hg en comparación con especies estrictamente planctívoras como el camotillo o el pámpano. Sin embargo, el nivel detectado continúa siendo mucho más bajo que el reportado por Senior et al. (2016) para dorado y atún en la costa sur de Ecuador (1,37–2,57 mg/kg).

La ausencia de valores elevados de Hg en las especies estudiadas sugiere que las capturas en la zona de Manta y caletas cercanas no están sometidas a fuentes intensas de contaminación mercurial, a diferencia de lo observado en ecosistemas de agua dulce



afectados por minería aurífera, donde Echevarría et al. (2025) encontraron concentraciones críticas en peces amazónicos. Esto respalda la idea de que el ecosistema marino costero de Manabí mantiene niveles controlados de mercurio en pelágicos pequeños.

Desde la perspectiva de salud pública, la ingesta semanal tolerable provisional (PTWI) recomendada por la Organización Mundial de la Salud para el mercurio total es de 1,6 $\mu\text{g/kg}$ de peso corporal, equivalente a aproximadamente 112 μg por semana para un adulto de 70 kg (FAO/WHO, 2011). Considerando la concentración promedio más alta registrada en bonito (0,168 mg/kg), un adulto podría consumir alrededor de 665 g de bonito por semana sin superar la PTWI, cifra muy superior al consumo habitual promedio en la región costera, lo que refuerza la seguridad del recurso.

La utilización del Analizador Directo de Mercurio DMA-80 en el laboratorio de MARDEX resultó adecuada y eficiente, ya que permitió un análisis rápido, sin digestión ácida, con buena exactitud y reproducibilidad. Este método es ideal para monitoreo rutinario de contaminantes en plantas de procesamiento y laboratorios de control de calidad (AOAC, 2015).

Finalmente, estos resultados aportan información actualizada y relevante para la gestión de inocuidad alimentaria y trazabilidad de productos pesqueros ecuatorianos, fortaleciendo la confianza de los consumidores y exportadores. No obstante, se recomienda mantener programas de vigilancia continua, incluyendo otros metales pesados como cadmio y plomo, para garantizar un enfoque integral de seguridad alimentaria y cumplimiento regulatorio.

CONCLUSIONES

Las concentraciones de mercurio total (Hg) en pámpano (*Prepilius medius*), carita (*Selene peruviana*), camotillo (*Decapterus spp.*), caballa verde (*Scomber japonicus peruanus*), caballa ojona (*Caranx caballus*) y bonito (*Katsuwonus pelamis*) desembarcados en Manta

y caletas cercanas durante 2025 fueron bajas y no superaron el límite máximo permisible de 0,5 mg/kg establecido por Codex Alimentarius y la normativa ecuatoriana (NTE 183 INEN).

El bonito presentó las concentraciones más altas dentro del conjunto de especies evaluadas (media 0,168 mg/kg), pero aún muy por debajo de niveles considerados de riesgo para la salud humana. El resto de las especies mostró valores entre 0,025 y 0,045 mg/kg en promedio, lo que respalda su seguridad como alimento.



El riesgo toxicológico asociado al consumo de estos peces pelágicos pequeños es mínimo para la población local. Aun considerando escenarios de consumo habitual, no se sobrepasan los valores de ingesta semanal tolerable recomendados por FAO/OMS.

La aplicación del método Analizador Directo de Mercurio (DMA-80) demostró ser eficaz, rápido y confiable para el control de contaminantes en productos pesqueros, favoreciendo la vigilancia y cumplimiento regulatorio de la industria.

Se recomienda mantener programas periódicos de monitoreo de metales pesados y ampliar la evaluación a otros elementos como cadmio y plomo, para asegurar la inocuidad y sostener la reputación de los productos pesqueros ecuatorianos en mercados nacionales e internacionales.

REFERENCIAS

- AOAC International. (2015). *Official Method 2015.01: Mercury in seafood by direct mercury analyzer (DMA-80)*. AOAC International.



- Araújo, A., & Cedeño, K. (2016). Contaminación por metales pesados en peces comerciales de Manta, Ecuador. *Revista Técnica INP*, 30(1), 45–53.
- Bulska, E., & Ruszczyńska, A. (2017). Analytical techniques for determination of mercury: A review. *Talanta*, 164, 255–268. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2016.11.041>
- Cabrera, D. (2021). Evaluación de cadmio y plomo en caballa (*Scomber japonicus peruanus*). *Revista de Ciencias del Mar*, 15(2), 55–63.
- Castoldi, A. F., et al. (2001). Neurotoxic effects of methylmercury. *Toxicology Letters*, 123(1), 1–14.
- Clarkson, T. W., & Magos, L. (2006). The toxicology of mercury and its chemical compounds. *Critical Reviews in Toxicology*, 36(8), 609–662.
- Codex Alimentarius. (2019). *General standard for contaminants and toxins in food and feed (Codex STAN 193-1995, Rev. 2019)*. FAO/WHO.
- Driscoll, C. T., et al. (2013). Mercury contamination in forest and freshwater ecosystems. *Environmental Science & Technology*, 47(10), 4967–4983.
- EFSA. (2012). Scientific opinion on the risk for public health related to mercury and methylmercury. *EFSA Journal*, 10(12), 2985.
- EPA. (2022). *Fish consumption advice: Technical information*. U.S. Environmental Protection Agency.
- FAO. (2020). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020*. FAO.
- FAO/WHO. (2011). *Evaluation of certain food additives and contaminants – 73rd report*. WHO TRS No. 960.
- FDA. (2012). *Mercury levels in commercial fish and shellfish (1990–2010)*. U.S. FDA.
- Grandjean, P., & Landrigan, P. J. (2006). Developmental neurotoxicity of industrial chemicals. *The Lancet*, 368(9553), 2167–2178.
- Instituto Nacional de Pesca [INP]. (2010). *Informe de monitoreo de contaminantes en productos pesqueros 2006–2009*. INP.
- Karimi, R., Fitzgerald, T. P., & Fisher, N. S. (2013). Trophic structure and mercury biomagnification. *Environmental Science & Technology*, 47(23), 13385–13394.
- Liang, L., Horvat, M., & Bloom, N. S. (2013). Techniques for mercury analysis: Advances and perspectives. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 405(27), 8573–8591.
- Mason, R. P., et al. (2012). Mercury biogeochemistry in the ocean. *Marine Chemistry*, 126(1–4), 43–59.
- Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca [MPCEIP]. (2022). *Boletín anual de pesca y acuicultura 2022*.
- Moncayo, J., et al. (2010). Determinación de mercurio en atunes y picudos. *Boletín Científico INP*, 22(1), 33–41.
- Senior, J., Paredes, R., & Macías, M. (2016). Evaluación de metales pesados en pescado congelado de Ecuador. *Revista Latinoamericana de Toxicología*, 14(1), 15–24.



- Torres, G., Zambrano, A., & Díaz, L. (2018). Caracterización socioeconómica de la pesca artesanal en Manabí. *Revista de Ciencias Sociales*, 24(4), 85–102.
- Unión Europea. (2023). Reglamento (UE) 2023/915 de la Comisión. *Diario Oficial de la UE*, L 119, 1–33.
- WHO. (2008). *Guidance for identifying populations at risk from mercury exposure*. WHO.



ANEXO



Analizador Directo de Mercurio (DMA-80)