

## Comparación y valoración de mercurio (Hg) y cadmio (Cd) en la especie Dorado (*Coryphaena hippurus*) que se consume en Manta, Ecuador

Comparison and evaluation of mercury (Hg) and cadmium (Cd) in the species of Dorado (*Coryphaena hippurus*) consumed in Manta, Ecuador

David J. Villarreal de la Torre<sup>\*1</sup>, Jaime D. Sánchez Moreira<sup>1</sup>, Javier D. Cañarte Pin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Laica Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta, Manabí, Ecuador

\* Correspondencia para el autor: david.villareal@uleam.edu.ec

### Resumen

Este trabajo tiene como propósito determinar los niveles de concentración de cadmio (Cd) y mercurio (Hg) en dorado (*Coryphaena hippurus*), según dos rangos de tallas, y compararlos con los valores establecidos por las normativas de Ecuador, Europa y EE.UU. Los ejemplares estudiados fueron recogidos a mediados de septiembre en el área de recepción de pesca y sitios de expendio de la ciudad de Manta (Manabí, Ecuador). Para los estudios de laboratorio se utilizó la espectrofotometría de absorción atómica con vapor frío para análisis de trazas de mercurio, y cubetas pirolíticas de grafito para cadmio. La concentración de Cd para el rango de tallas entre 70-85 cm fue de 0.0263 mg/kg y para Hg fue de 0.0771 mg/kg. En cuanto a las tallas entre 86-100 cm, se registró 0.0294 mg/kg de Cd, mientras que para Hg fue de 0.0826 mg/kg, valores que no superan los rangos de tolerancia permitidos por la normativa ecuatoriana e internacional.

**Palabras clave:** biomagnificación, bioacumulación, *Coryphaena hippurus*, ecotoxicología, metales pesados.

### Abstract

The purpose of this study was to determine the concentration levels of cadmium (Cd) and mercury (Hg) in the dolphinfish (*Coryphaena hippurus*, Linnaeus 1758) according to size ranges, and to compare these with values set by Ecuadorian, European and North American regulations. The examples studied were collected during mid-September in the fish reception area and sales sites in the city of Manta (Manabi, Ecuador). For the laboratory studies atomic absorption spectrophotometry was used, with cool mist for trace analysis of mercury, and pyrolytic graphite cuvettes for cadmium. The concentration of Cd for the size range of 70-85 cm 0.0263 mg/Kg, and for Hg 0.0771 mg/Kg. For the range of 86-100 cm, 0.0294 mg/Kg was recorded for Cd and 0.0826 mg/Kg for Hg, values which do not exceed the ranges of tolerance acceptable to Ecuadorian and international regulations.

**Key words:** biomagnification, bioaccumulation, *Coryphaena hippurus*, ecotoxicology, heavy metals.



Recibido: 10 de noviembre, 2014  
Aceptado: 19 de mayo, 2016

## Introducción

La industrialización, el consumismo, la explosión demográfica y las diversas actividades antropogénicas generan desequilibrios y cambios irreparables al planeta, causando efectos devastadores con mayor incidencia en los sistemas hídricos, especialmente hábitats marino-costeros.

En el Pacífico ecuatorial, el flujo anual de aguas cálidas provenientes del hemisferio norte, da inicio a la estación húmeda en la región costera del Ecuador. En esta zona, cada cierto número de años y con mayor frecuencia e intensidad debido al cambio climático, ocurre un fenómeno océano-atmosférico conocido como ENOS (El Niño-Oscilación del Sur), el cual altera notablemente el clima global y las pesquerías de la región, afectando a amplios sectores productivos y humanos (Espinoza, 1996).

Manta es el principal puerto pesquero del Ecuador, en el que se asientan numerosas plantas procesadoras de la pesca, en un cinturón industrial donde se realiza la mayor parte de operaciones de recepción, descarga y aprovisionamiento de materia prima en especial de atún y dorado, además de otras especies demandadas por el mercado (Peralta, 2009).

Manta cuenta con la mayor flota pesquera del país, con más de 300 barcos industriales y un promedio de 3 000 embarcaciones artesanales que movilizaron en 2012 cerca de 150 mil toneladas de pescado (Araújo *et al.*, 2014). La pesca es considerada la actividad más productiva de la ciudad, concentra el 85 % de las capturas a escala nacional, aportando al 7 % al PIB nacional, colocándose como el tercer producto de mayor importancia en la generación de divisas, después del petróleo y el banano (Araújo *et al.*, 2014).

Con fundamento en lo señalado, esta investigación estudia la presencia de cadmio y el mercurio en dorado (*Coryphaena hippurus*), puesto que estos metales pesados tienen un alto impacto en la salud humana, poca degradación y alta persistencia en los organismos, al punto de

bioacumularse a través de la red trófica acuática, en un proceso de biomagnificación.

Se escogió a *Coryphaena hippurus* por ser una especie pelágica de naturaleza oceanódroma, con un promedio de 5 años de vida. Además, existe escasa literatura e información inherente a esta variedad ictiológica, a diferencia de los túnidos y otras especies comerciales.

El dorado es una especie altamente voraz, con espectro trófico amplio y de hábitos alimenticios estrechamente ligados con el ambiente epipelágico (Aguilar-Palomino & Galván, 1998). El dorado y el atún aleta amarilla son biomonitores adecuados para medir y evaluar la exposición y acumulación de cadmio y mercurio, y así establecer cuáles son los riesgos para la salud humana que se derivan al consumirlos (Newman & Unger, 2002).

Según la legislación ambiental ecuatoriana, existen criterios de calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas marinas y de estuarios; para cadmio (Cd) es de 0,005 mg/l, mientras que para mercurio (Hg) total expresado como nitritos (NO<sub>2</sub>) o como nitratos (NO<sub>3</sub>) es de 0,001 mg/l (MAE- TULAS, 2012).

Siguiendo los lineamientos de la ecotoxicología que establece cómo estudiar los efectos de los contaminantes sobre los ecosistemas y sus consecuencias inmediatas en el ser humano (Walker *et al.*, 2001 y Chapman, 2002), esta investigación permitió conocer el grado de contaminación por cadmio y mercurio con valores de ingesta, los cuales se encuentran por debajo de los límites establecidos como no permisibles por organismos especializados como la FDA, OMS, Codex Alimentarius y la Unión Europea.

## Materiales y métodos

### Muestreo

La muestra de estudio está constituida por el pez dorado (*Coryphaena hippurus*). Fueron seleccionados ejemplares con tallas comprendidas entre 70 y 100 cm, procedentes de la Zona 1 de pesquería correspondiente al

bajo de Pedernales (Latitud: 0° 05 'S./Longitud: 81° 20' W) y la Zona 2 que corresponde al bajo de la Isla de la Plata (Latitud: 01° 25 ' S/Longitud : 81° 40'W). Estas áreas de pesca del dorado combinan aguas cálidas y templadas favorables para la aclimatación, alimentación y reproducción de la especie.

Previo a la toma de muestras en laboratorio se seleccionaron ejemplares modelo en las áreas de expendio de Playita Mía (parroquia urbana Tarqui) y cabotaje (Figuras 1 y 2), durante un periodo de cuatro semanas a intervalos, a mediados de septiembre de 2013, correspondiente a la

estación seca; cada muestra fue enfundada y congelada hasta su posterior valoración. Posteriormente se tomaron muestras de músculo por ser la parte consumible donde se concentran los compuestos químicos que indicarían los niveles de contaminación a los que estos organismos estarían expuestos antes de su captura.

La población de estudio estuvo conformada por un número (n) de 26 ejemplares de pez dorado, con tallas comprendidas entre los 70-100 cm (13 peces de 70-85 cm y el resto entre 86-100 cm). Dada la naturaleza de la población, se procedió a un muestreo no probabilístico por cuotas.



Figura 1. Barco con pesca de dorado.



Figura 2. Muestras de dorado.

## Diseño de la investigación

Tomando como referencia la naturaleza de las variables, esta fue una investigación experimental, que implicó toma de muestras, pruebas químicas y análisis de resultados. El presente trabajo se apoyó en la observación. Para los análisis químicos fue utilizado un equipo en condiciones apropiadas para la experimentación y las repeticiones necesarias, con el objeto de establecer parámetros cuantificables de los metales presentes en las muestras.

## Acondicionamiento y preparación de muestras

Cada ejemplar fue medido mediante ictiómetro digital y pesado con balanza analítica de precisión. La información permitió correlacionar las variables talla, peso y sexo con los niveles de concentración de los elementos traza evaluados.

Los ejemplares fueron marcados y rotulados de acuerdo al sitio de origen y fecha de recolección. Mediante el uso de un bisturí se tomaron porciones musculares de cada ejemplar. Posteriormente se procedió a cuantificar y valorar por espectrofotometría de absorción atómica los límites de los cationes traza presentes en las muestras.

## Metodología de análisis

Se utilizó la espectrofotometría de absorción atómica con vapor frío para el análisis de trazas de mercurio y la espectrofotometría de absorción atómica mediante el empleo de cubetas pirolíticas de grafito para cadmio.

La técnica de absorción atómica con vapor fue usada para la detección del mercurio, ya que debido a su volatilidad no requiere el uso de llama para atomizarse y puede determinarse en forma de vapor frío. La determinación de mercurio se realiza utilizando el tetrahidruro de boro y sodio ( $\text{NaBH}_4$ ), la reacción del mercurio en solución con el agente reductor produce mercurio atómico muy volátil.

Para cadmio, en cambio, se utilizó un horno de grafito (Rubio, 2002). Mediante esta técnica se alcanzaron límites de detección del orden de  $1 \mu\text{g L}^{-1}$ .

Procedimiento analítico: Transferir cuantitativamente el material digerido a un matraz aforado de 100 ml, colocar la marca puesta en el balón de digestión, ignorar la grasa solidificada que puede dar interferencias, luego filtrar. La mayoría de las muestras líquidas y sólidas requieren de digestión, previo a su análisis.

- Lavar el balón de digestión con agua destilada y desionizada.
- Encender el extractor de gases.
- Leer un blanco de reactivos por cada serie de digestión.
- En caso de que la muestra supere el punto de concentración máximo de calibración, se realiza una dilución y se procede a digestión normal.
- Para realizar la verificación diaria del método, se realizará lectura de estándar, preparado de la misma forma que los estándares de calibración.
- Se realizará lectura semanal del material de referencia interna y se registran los datos tomados en la carta, verificando que estén dentro de los límites de control.
- Realizar una muestra para repetibilidad tomando una muestra al azar.
- Todos los datos serán tomados durante el ensayo.
- Apagar equipo.
- Cálculos: Interpolar los valores de absorbancia de la muestra, calcular la concentración del elemento, fórmulas :  $\text{Hg ( mg/kg )} = P \times V/M$  |  $\text{Cd} \rightarrow C = C1 \times V \times F /M$

- Para Hg dónde: P= mg/lit de Hg obtenidos en la curva; M = masa de la muestra en gramos; V = volumen de aforamiento en mililitros.
- Para Cd; dónde C = contenido de Cadmio en mg/kg; C1= concentración de cadmio obtenida en la curva de calibración en mg/lit; V= volumen de aforo en litros; F= factor de dilución; M= masa de la muestra en gramos.
- Instrumento para Espectrofotometría de Absorción Atómica (EAA): marca Shimadzu 6800 E, Japón.
- Materiales, equipos y utensilios: tubos de ensayo, gradilla, matraces de 100 ml, estufa, crisoles, mufla, sorbona.
- Reactivos: HNO<sub>3</sub>, HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, estándares de calibración de EAA.
- Se realizaron los análisis respectivos, tomando 5 g de muestras homogenizadas, para lectura del elemento; luego se cuantificó.
- La calibración para precisión de medidas se realizó con patrones de referencia tratados y analizados de la misma forma que las muestras. El espectrofotómetro se calibró con estándares debidamente certificados, diluidos cuantitativamente.

Se hicieron 52 repeticiones desde la calibración de los estándares del equipo hasta los ensayos definitivos, por cuanto se tabularon datos durante el desarrollo de la investigación de cada una de sus variables. Para cada lectura de metales se realizó una curva de calibración utilizando sustancias patrones estándar de concentraciones conocidas, curvas que permitieron la cuantificación de las muestras de productos pesqueros.

Una vez elegidas las condiciones de trabajo para el elemento en cuestión, se procedió a calibrar el instrumento de medición. Para ello se usaron dos procedimientos: a) curva de calibrado y b) método de adición.

### Análisis estadístico

Se realizó un tratamiento básico mediante el uso de estadística descriptiva, utilizando la distribución de frecuencias, correlación de Pearson y gráficos interpretativos. Fueron observadas las diferencias significativas entre los intervalos cuantificados de concentración por tallas respecto a los análisis de Hg (mercurio) y Cd (cadmio), para posteriormente tabular los datos aplicando estadística simple.

Finalmente se obtuvieron los valores estimados con los cuales fueron reportados los intervalos de concentración y se procedió a elaborar predicciones para valorar la hipótesis que permitirá evaluar el grado de concentración de los iones, y así validar o rechazar la misma.

### Resultados

Los análisis de las diferentes concentraciones de cadmio y mercurio en las 26 muestras de *Coryphaena hippurus* señalan que los niveles encontrados están dentro de los límites permisibles de ingesta para el ser humano, cuyo valor o contenido máximo es de 1.0 mg/kg de peso fresco, de acuerdo al Reglamento CE N° 78/2005 (CE, 2005) y Revisión de Agosto del 2014 de Metales Pesados de la Legislación del Codex Alimentarius (Díaz, 2014) para CH<sub>3</sub>Hg (metilmercurio). La Tabla 1 muestra los valores máximos de Cadmio (Cd) y Mercurio (Hg) en pez dorado y otras especies del mar, establecidos por diferentes organismos internacionales que norman la presencia de sustancias en los alimentos, entre ellas la FDA (Food and Drug Administration) de los Estados Unidos, la OMS (Organización Mundial de la Salud) y la UE (Unión Europea).

De igual manera, en 26 muestras de pescado se obtuvieron los siguientes valores de concentración de Cd y Hg expresados en ppm, valores que no superan los rangos de tolerancia establecidos por la normativa internacional (Tabla 2).

**Tabla 1.** Valores referenciales para Mercurio y Cadmio

Metal traza	Producto	Contenido Máximo	Fuente referencia
Cd	Dorado ( <i>Coryphaena hippurus</i> )	0.1 mg/kg peso fresco	OMS (Díaz, 2014)
Cd	Dorado ( <i>Coryphaena hippurus</i> )	0.1 ug/kg peso fresco	Food and drugs administration. (FDA, 2010)
Cd	Dorado ( <i>Coryphaena hippurus</i> )	0.1 mg/kg peso fresco	Unión europea (CE, 2005)
Hg	Pescados, mariscos, crustáceos, y otros animales acuáticos.	1 ppm de CH <sub>3</sub> Hg en porción comestible.	Legislación de metales pesados en USA (Díaz, 2014)
CH <sub>3</sub> Hg	Peces depredadores, tiburones, atún, pez espada, y otros.	1.0 mg/kg	Legislación del Codex Alimentarius. (Díaz, 2014)

**Tabla 2.** Valores de mercurio (Hg) y cadmio (Cd) obtenidos en el ensayo realizado en muestras de tejido muscular de dorado, comparado con valores de FDA, OMS, UE.

Orden de lecturas, fechas y procedencia	Cd mg/kg (músculo)	Hg mg/kg (músculo)	Sexo	Talla (cm)	Procedencia	Rango de ingestión permisible (P)	
						Cd	Hg
1.- (09-09-13) Puerto Cabotaje	0.0284	0.012	M	90	Zona 1	P	P
2.- Puerto Cabotaje	0.0312	0.0984	M	93	Zona 2	P	P
3.- Puerto Cabotaje	0.0251	0.0856	H	78	Zona 1	P	P
4.- Puerto Cabotaje	0.0285	0.0625	M	82	Zona 2	P	P
5.- Puerto Cabotaje	0.0262	0.0636	H	72	Zona 2	P	P
6.- (10-09-13) Playita mía	0.0245	0.0659	H	69	Zona 1	P	P
7.- Playita mía	0.0302	0.0971	M	91	Zona 2	P	P
8.- Playita mía	0.0315	0.0990	M	94	Zona 1	P	P
9.- Playita mía	0.0326	0.1012	M	88	Zona 1	P	P
10.- Playita mía	0.025	0.0625	H	72	Zona 2	P	P
11.- Playita mía	0.0225	0.0745	H	76	Zona 2	P	P
12.- (11-IX-13) Puerto Cabotaje	0.0289	0.0856	M	86	Zona 1	P	P
13.- Puerto Cabotaje	0.0292	0.0964	M	84	Zona 1	P	P
14.- Puerto Cabotaje	0.0257	0.0816	H	76	Zona 2	P	P
15.- Puerto Cabotaje	0.0261	0.0845	H	80	Zona 1	P	P
16.- Puerto Cabotaje	0.0274	0.0836	H	75	Zona 1	P	P
17.- Puerto Cabotaje	0.0281	0.0875	M	87	Zona 2	P	P
18.- Puerto Cabotaje	0.0291	0.0956	M	89	Zona 1	P	P
19.- (12-IX-13) Tarqui	0.0256	0.0815	H	77	Zona 2	P	P
20.- Tarqui	0.0252	0.0804	H	73	Zona 2	P	P
21.- Tarqui	0.0301	0.0832	M	95	Zona 1	P	P
22.- (13-IX-13) Playita mía	0.0262	0.0747	H	87	Zona 2	P	P
23.- Playita mía	0.0304	0.0640	M	86	Zona 2	P	P
24.- Playita mía	0.0278	0.0834	H	73	Zona 2	P	P
25.- Playita mía	0.0272	0.0742	M	85	Zona 2	P	P
26.- Playita mía	0.0273	0.0741	H	75	Zona 1	P	P

P: Permisible.

Zona 1: Bajo de Pedernales

Zona 2: Bajo de la Isla de la Plata

### Cadmio (Cd)

Recopilados todos los datos para cadmio (Cd), se procedió a la tabulación de tallas comprendidas entre 70-85 cm. Entre 14 ejemplares (12 hembras y 2 machos), se obtuvo un promedio de 0.0263 mg kg<sup>-1</sup> de Cd; al tabular tallas de 86-100 cm se obtuvo una media de 0.0294 mg kg<sup>-1</sup> de Cd, que corresponde a 12 muestras. Se observó que 11 corresponden machos, mientras que solamente 1 fue hembra (Figura 3 y 4).

Se observa que mientras más grande sea un pez, hay más probabilidad de que exista mayor concentración del metal, lo que significa que la talla puede ser directamente proporcional a la concentración del elemento.

Igualmente se observa que para este elemento traza o catión, ninguno de los valores cuantificados supera el valor permisible de consumo recomendado por la Organización Mundial de la Salud o la Unión Europea.

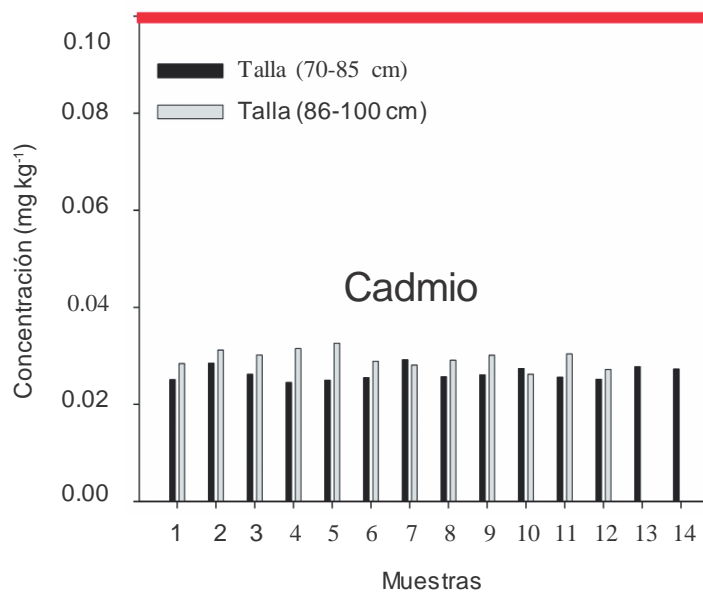


Figura 3. Concentración de Cd. Por tallas.

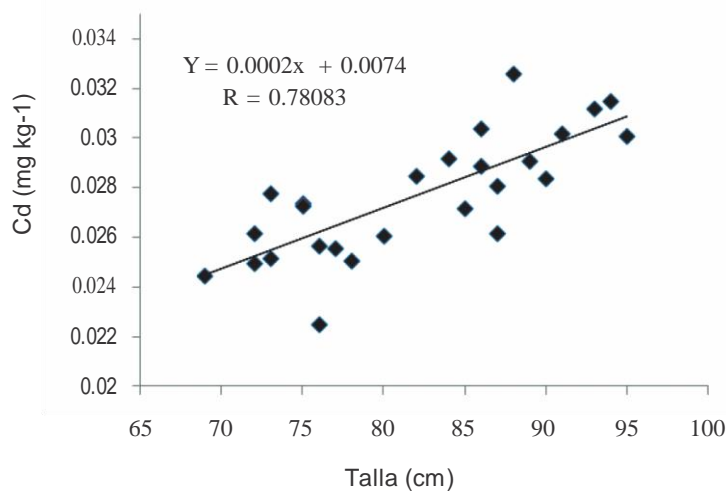


Figura 4. Correlación entre las concentraciones de Cd (mg kg<sup>-1</sup>) en músculo y la talla.

### Mercurio (Hg)

Analizados los valores de 14 muestras de dorado comprendidas en el rango de talla de 70-85cm, se obtuvo como valor promedio de 0.0771 mg/kg para Hg; igualmente se procedió a analizar e interpretar la dispersión de datos con las 12 muestras correspondientes a la talla de 86-100 cm, de las cuales se obtuvo un valor promedio de 0.0826 mg kg<sup>-1</sup> de Hg (Figura 5 y 6).

Se procedió a analizar el intervalo de confianza

al 95 %, dando un valor igual a 0.0054 mg kg<sup>-1</sup> para determinar las probabilidades de exactitud y precisión en las muestras analizadas; así también se calculó la desviación estándar para interpretar con precisión los datos y se obtuvo un valor igual a 0.01030 mg kg<sup>-1</sup>.

Los análisis de las muestras obtenidas demuestran que para este catión, ningún valor supera el rango permisible recomendado de 1.0 mg kg<sup>-1</sup> por la legislación de USA y del Codex Alimentarius.

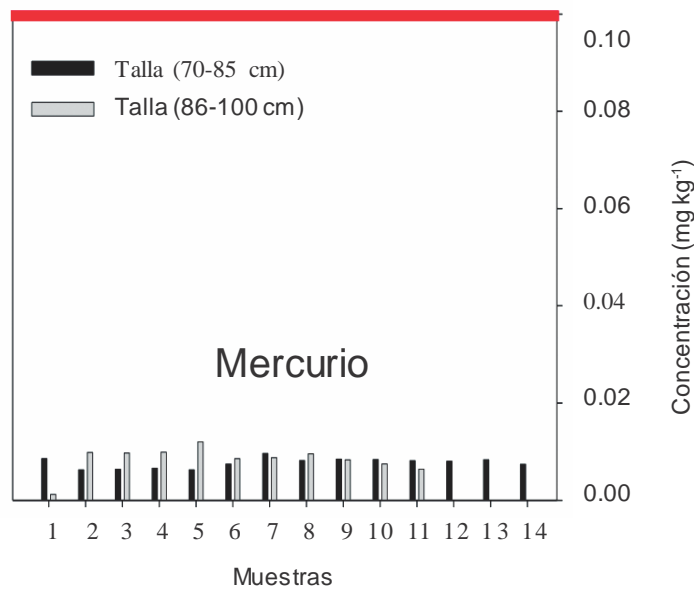


Figura 5. Concentración de Hg por tallas.

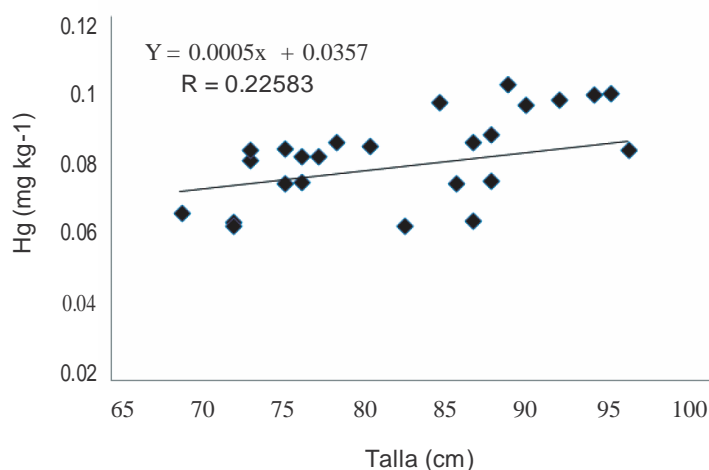


Figura 6. Correlación entre las concentraciones de Hg (mg kg<sup>-1</sup>) en músculo y la talla.



**Tabla 3.** Resumen estadístico de los valores de mercurio (Hg) y cadmio (Cd) obtenidos de las muestras de tejido muscular de dorado.

	N	Min	Max	Media	DS	R	T	p-valor
Cd mg/kg	26	0.0225	0.0326	0.027692	0.002454	0.78083	6.12	<0.0001
Hg mg/kg	26	0.012	0.1012	0.078946	0.01030	0.22583	1.14	0.2673

Se realizó un análisis de correlación de Pearson para revisar si existen correlaciones entre los metales analizados y las tallas. En las figuras 3 y 4 se presentan las concentraciones de Cd en relación con las tallas de los ejemplares analizados, observándose una correlación positiva significativa  $R= 0.7808$ ,  $p$ -valor  $<0.0001$ , mientras que en las figuras 5 y 6 se observa que la concentración de Hg fue menos significativa con un  $R= 0.2258$ ,  $p$ -valor  $>0.005$ , lo que indica que no existe relación entre las concentraciones de Hg y las tallas de las especies analizadas. Es difícil detallar los factores que influyen en la relación de concentración de estos metales y sus tallas, porque podría deberse a que individuos (dorado) de mayores tallas y edades pueden regular mejor tanto la absorción como la eliminación de metales (Cronin *et al.*, 1998).

## Discusión

### Mercurio (Hg)

Los valores obtenidos en las muestras de dorado (*Coryphaena hippurus*) se encontraron dentro de los límites establecidos por la legislación de Estados Unidos y organismos especializados en salud humana y alimentación, para metales pesados en alimentos (Díaz, 2014). Los límites para los niveles permisibles de mercurio en pescados corresponden a 0.5 mg/kg, en general, y de 1.0 mg/kg para las especies depredadoras grandes como el tiburón, pez espada, atún, según lo establecido por el Codex alimentarius (Díaz, 2014) y la Unión Europea (Castro, 2011).

El reglamento de la Comunidad Europea (CE) 221/2002 y el reglamento modificado CE

466/2001, en su artículo 2, fija los contenidos máximos de determinados contaminantes en los productos alimenticios. En particular, establece los contenidos máximos de plomo, cadmio y mercurio en algunos productos de la pesca. Los contenidos máximos de estos iones deben ser seguros y lo más bajos posible, conforme a prácticas de fabricación agrícola o pesquera correctas. La normativa revisada mantiene un nivel elevado de protección de la salud de los consumidores (Diario Oficial de las Comunidades Europeas, L 37/4, 2002).

Se observa en este estudio que los niveles de Hg variaron desde no detectables, hasta concentraciones que no llegaron al nivel crítico admisible de ingesta en humanos 1.0 mg/kg, según los valores recomendados por el Fondo de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), por lo tanto los valores de ingesta analizados son admisibles para los consumidores.

De los análisis químicos realizados para la determinación en dorado (*Coryphaena hippurus*), se observa una dispersión de datos que indica que el catión mercurio (Hg) en la talla 70-85 cm se obtuvo un valor de 0.0771 mg/kg y en la talla 86-100 cm fue de 0.0826 mg/kg.

Al comparar con otros estudios relacionados, se observan diferencias significativas con trabajos sobre mercurio hallado en músculo de dorado de 11 individuos capturados en Baja California Sur (Escobar, 2010). Estos ejemplares presentaron un intervalo de 0.005 - 0.23 ug/g, con promedio 0.20 ug/g que está dentro del criterio de la FDA de límites recomendables de ingesta.

## Cadmio (Cd)

Se observa que los valores obtenidos de este elemento traza, se encuentran dentro de los intervalos establecidos por la normativa permisible vigente por la Legislación Europea actual (Reglamento 466/2001 y 221/ 2002 de la Comisión Europea). Los valores promedio obtenidos para Cd en la talla de 70-85 cm fue de 0.0263 mg/kg y en la talla 86-100 cm fue de 0.0294 mg/kg. Los niveles de Cadmio obtenidos en esta investigación se sitúan muy por debajo de los límites máximos establecidos por la UE, por lo que no suponen riesgo alguno para el consumidor de esta zona geográfica.

Al comparar los resultados de este trabajo con otro estudio similar realizado por el Instituto Nacional de Pesca en 1 863 muestras de productos pesqueros colectados entre enero 2006 y julio 2009 (Revista Ciencias del Mar y Limnología, 2010), se encontraron concentraciones en su mayoría menores a 1.0 mg.kg (-1) para Hg; 0.1 mg.kg (-1) de Cd, y 0.3 mg.kg (-1) para Pb.

Se relacionan también los valores establecidos por las normativa TULAS (Tratado Unificado de Legislación Ambiental Secundaria), referentes a criterios de calidad admisibles para la preservación de aguas marinas, medio de origen de la especie estudiada y zona de procedencia, valores referentes a preservación de la flora y fauna, los mismos que son 0.0001 mg/l para Hg y para Cd 0.005 mg/l (MAE-TULAS, 2012).

Los criterios de aceptación para las concentraciones de los metales en los productos pesqueros para exportación, se basan en normativas alimentarias establecidas para cada país de destino, así, la UE establece el contenido máximo de metales pesados y otros contaminantes en los productos pesqueros mediante reglamento CE N° 1881/2006 modificado por el CE N° 629/2008 en 0.1 mg/kg.

Según el reglamento CE N° 221/2002 de la legislación europea, se recomienda fijar los

contenidos máximos en lo más bajo posible por ser elementos carcinogénicos y genotóxicos para el humano.

Es necesario tomar en consideración que la mayor concentración de Cd y otros metales traza en el agua del mar, pueden variar su concentración en la época de lluvias y que también pudiera estar relacionada con la menor concentración de salinidad registrada en esa época, debido al gran aporte de agua dulce causada por el arrastre de sedimentos en el agua de los ríos y las escorrentías que desembocan todas las descargas residuales contaminantes en el mar.

## Conclusiones

Se confirma que los niveles de cadmio y mercurio en las muestras estudiadas se encuentran dentro de los límites permisibles de consumo e ingesta recomendados por la literatura científica especializada y por los valores recomendados por las normas del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS) de Ecuador, sin embargo para los dos elementos traza evaluados, se verificó que solo el Cd presentó una correlación significativa con la talla de los ejemplares evaluados.

## Recomendaciones

Es importante indicar que los análisis se realizaron en septiembre de 2013, correspondiente a la estación seca para la zona del Pacífico oriental ecuatorial, y es posible que en los meses de invierno cambie la concentración de estos iones tanto en el agua de mar, como en los peces, por tanto deberían realizarse los estudios en esa época para tener datos comparativos. Además, para convalidar los resultados en cuanto a reproducibilidad se refiere, se deberían realizar análisis semejantes en diferentes períodos del año, para verificar los datos obtenidos en cuanto se refiere a: certeza, precisión, exactitud y confiabilidad de los mismos; así como obtener una población de peces dorado con mayor número de muestras, para obtener datos más fiables.

Se debe promover la necesidad de crear un servicio especializado de atención y control de calidad de análisis de metales pesados y microbiológico, dependiente de alguna institución estatal, para monitorear y controlar en los productos del mar la presencia de sustancias y microorganismos contaminantes, nocivos para la salud humana.

Debe ser una medida prioritaria que las plantas pesqueras locales cuenten con equipos de laboratorio y tecnología de punta en análisis de metales pesados, para cuantificar los rangos permisibles establecidos por organismos rectores especializados.

Estudios de Ecología trófica, hábitos alimentarios entre especies juveniles y de mayor edad podrían aportar a la comprensión de variabilidad de concentración de metales en las especies, ya que la dieta de juveniles varía en relación a la de adultos.

## Referencias bibliográficas

- Aguilar-Palomino, B. (1991). *Espectro Trófico del Dorado Coryphaena hippurus Linnaeus 1758 (OSTEICHTHYES: CORYPHAENIDAE), Capturado en la Bahía de la Paz y Cabo San Lucas, Baja California Sur, México durante 1990 y 1991 (Tesis de grado)*. Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Baja California, México.
- Aguilar-Palomino, B. & Galván, M. (1998). Aspectos alimentarios del dorado *Coryphaena hippurus linnaeus*, 1758 en Cabo San Lucas, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas*, 24(3), 253-265.
- Alonso Díaz, A. (2014). Metales Pesados, Revisión Agosto 2014 D, Unión Europea, contenido máximos en metales pesados en productos alimenticios, CATICE de Valencia, Secretaría de Estado de Comercio.
- Araújo C., Macías-Cedeño, L., Villarreal de la Torre, D., & Diz, F.R. (2014). *La Ecotoxicología saluda a los manabitas: ¿Qué es? y ¿cómo puede ser útil?* Hippocampus, 3, 14-21
- Castro Sanguinetti, G. (2011). Efecto del Mercurio en los peces y la salud pública. *Salud Animal. Sirivs*, 1-12
- Chapman P.M. (2002). Integrating toxicology and ecology: putting the “eco” into ecotoxicology. *Marine pollution Bulletin* 44:7-15.
- Diario oficial de la Unión Europea. Directiva 2002 (96) CE del Parlamento Europeo y Consejo del 27- 01-2003, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), L37/24.
- Escobar Sánchez, O. (2011). *Bioacumulación y Biomagnificación de mercurio y selenio en peces pelágicos mayores de la Costa Occidental de Baja California Sur, México* (Doctoral dissertation, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Baja California, México.
- Espinoza, J. (1996). El Niño y sus Aplicaciones Sobre el Medio Ambiente, Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR – Ecuador, 8(1). Descargado de <http://www.oceandocs.org/bitstream/handle/1834/2224/E1%20Niño%20y%20sus%20implicaciones%20sobre%20el%20medio%20ambiente.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- FDA.(2010). Mercury levels in commercial fish and shellfish. USA. Descargado de <http://www.fda.gov/Food/FoodborneIllnessContaminants/ Metals/ucm115644.htm>
- García Ortiz, M. (2008). *Evaluación del riesgo por toxicidad crónica a la exposición de Cadmio en animales de experimentación*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima-Perú.
- González Bahamonde, G. (1989). *Métodos Estadísticos y Principios de Diseño Experimental*. Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador.
- MAE. (2012), Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULAS) Normas de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes: Recurso Agua. Decreto ejecutivo 3516.- Registro Oficial Suplemento 02-31-03-2003.
- Martínez-Ortiz, J., & Zúñiga-Flores, M. (2012).

- Estado actual del conocimiento del recurso dorado (*Coryphaena hippurus*) Linnaeus, 1758 en aguas del Océano Pacífico suroriental (2008-2011). *Manta, Ecuador, Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca*, 142.
- Newman, M.C., Unger, M.A. (2002). *Fundamentals of Ecotoxicology*. Boca Ratón, Florida: Lewis Publisher.
- Peralta, M.B. (2009) Desembarque de la pesca artesanal de peces pelágicos grandes y tiburones en la costa ecuatoriana durante el 2008. *Boletín científico y técnico* 20(2), 1-23.
- Reglamento (CE) N° 78/2005 de la Comisión europea del 19-01-2005, que modifica el reglamento (CE) N° 466/2001 referente a metales pesados, L16/43, pag.1-3.
- Rubio, C. (2002). *Ingesta dietética de contaminantes metálicos (Hg, Pb, Cd, Fe, Cu, Zn y Mn) en la Comunidad Autónoma Canaria: Evaluación Toxicológica* (Doctoral dissertation, Universidad de La Laguna).
- Walker, C. H., Sibly, R.M., Hopkin, S.P., & Peakall, D.B. (2012). *Principles of Ecotoxicology*, 2° ed., Taylor & Francis, Boca Ratón, FL.