

Metales tóxicos en los alimentos de origen pesquero

**EVALUACIÓN DEL NIVEL DE CONCENTRACIÓN DE METALES TÓXICOS  
EN LOS ALIMENTOS DE ORIGEN PESQUERO MÁS CONSUMIDOS EN  
BOGOTÁ**

**METALES TÓXICOS EN LOS ALIMENTOS DE ORIGEN PESQUERO**

**LEVEL ASSESSMENT OF CONCENTRATION OF TOXIC METALS IN FOOD  
CONSUMED MORE FROM FISHING IN BOGOTA**

**Autores**

Rafael Barragán<sup>1</sup>, Sharon Corredor<sup>2</sup>, Fernanda Sánchez<sup>3</sup>.

**Universidad Santo Tomás**

**Facultad de ingeniería ambiental**

**Bogotá, Colombia**

**Correspondencia**

Sharon Corredor, dirección: Cra. 12b #137-26 Casa 4, Cel.: 3102460429,  
Email: sharonkcr@gmail.com

Durante el desarrollo del presente documento todos los autores realizaron los mismos aportes, ya que todos contribuyeron de igual forma para llevar a cabo dicho proyecto.

### Resumen

El presente estudio de investigación se estableció con el objetivo de determinar la presencia y concentración de metales tóxicos como Hg, Pb, As, y Cd en algunos alimentos de origen pesquero, *Oreochromis* (Tilapia), *Pseudopimelodus* (Bocón), *Pimelodus* (Nicuro), *Centropomus* (Róbalo), *Prochilodus* (Bocachico), *Scomberomorus* (Sierra), *Oncorhynchus* (Salmón) y *Pangasius* (Panga), los cuales fueron seleccionadas a partir de, las preferencias de consumo en los diferentes estratos socioeconómicos, el ambiente de origen, el régimen alimentario y el habitat de las especies. El muestreo se llevó a cabo en la ciudad de Bogotá, en dos ocasiones entre junio y septiembre del 2014, Se detectaron diferencias significativas entre las especies de diferentes regimenes alimentarios. Los valores de Hg, Pb y As oscilaron entre 0,0212 y 0,0595 mg/kg y los valores de Cd entre 0,0003 y 0,072 mg/kg en el musculo del pescado, en general se observó mayor riesgo de exposición por ingestión para la especie *Oreochromis* y menor riesgo de exposición para las especies *Pangasius* y *Scomberomorus*, lo cual depende directamente de la frecuencia de consumo y las concentraciones de los metales tóxicos evaluados. Se identificó que el promedio de las concentraciones de As sobrepasan el nivel máximo permitido reglamentado por el Codex Alimentarius, a diferencia de Pb, Cd y Hg, adicional a esto, dichos metales, están caracterizados por la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) como carcinogénicos, lo cual evidencia un riesgo para la salud pública, teniendo en cuenta factores como la bioacumulación, biomagnificación y toxicocinética de cada contaminante [1].

**Palabras claves:** Contaminación por metales tóxicos, alimentos de origen pesquero, preferencias de consumo, salud pública.

### Abstract

This research study was established with the objective of determining the presence and concentration of toxic metals such as Hg, Pb, As, and Cd in some seafoods, *Oreochromis* (Tilapia), *Pseudopimelodus* (Bocón) *Pimelodus* (Nicuro) *Centropomus* (Bass), *Prochilodus* (Bocachico), *Scomberomorus* (Sierra), *Oncorhynchus* (Salmon) and *Pangasius* (Panga), which were selected from, consumer preferences in different socioeconomic strata, the atmosphere of origin regime food and habitat of the species. Sampling was conducted in the city of Bogotá, on two occasions between June and September 2014, significant differences between species of different diets were detected. The values of Hg, Pb and As ranged between 0.0212 and 0.0595 mg / kg and Cd values between 0.0003 and 0.072 mg / kg in muscle of fish generally higher risk of exposure was observed by ingestion for the species *Oreochromis* and lower risk of exposure for *Pangasius* and *Scomberomorus* species, which depends directly on the frequency of consumption and concentrations of toxic metals evaluated. It was found that the average concentrations of As exceed the maximum permitted level regulated by the Codex Alimentarius, unlike Pb, Cd and Hg, in addition to this, these metals are characterized by the International Agency for Research on Cancer (IARC ) as carcinogenic, evidence of a risk to public health, taking into account factors such as bioaccumulation, biomagnification and toxicokinetics of each pollutant.

**Keywords:** pollution by toxic metals, seafoods, consumer preferences, public health.

### 1. Introducción

Los productos de la pesca y la acuicultura que se comercializan en Bogotá, provienen de la producción nacional que se compone de las capturas de la pesca industrial y artesanal en el Océano Pacífico y Mar Caribe, de los cuerpos de agua dulce en zonas continentales (ríos, lagunas, ciénagas y embalses) y de la acuicultura marina y continental; Además de las importaciones que se concentran en los enlatados, pescados, crustáceos y moluscos de alto valor agregado consumidos por los grupos de población con mayores recursos económicos [2].

Actualmente la contaminación en hábitats acuáticos por uso incontrolado de sustancias químicas (metales tóxicos, hidrocarburos y organoclorados) [3]. En actividades agrícolas, industriales y extractivas, ha venido incrementando y por tanto ha afectado la salud humana a través del consumo de alimentos de origen pesquero contaminados con metales tóxicos que llegan a los cuerpos de agua por infiltración, escorrentía u otras fuentes que presentan una dinámica de, emisión, dispersión, transformación y finalmente contaminación poco conocida [4].

Adicional a esto, hoy en día se pasa por alto la cantidad y concentración de metales tóxicos por falta de políticas que generen un control y seguimiento en los procesos productivos de estos alimentos, por esta razón no se puede garantizar su inocuidad a los consumidores expuestos al adquirir este tipo de alimentos, por consiguiente es necesario identificar si los factores ambientales son generadores/facilitadores de enfermedades e implicaciones sociales como lo es la salud pública a causa del consumo de alimentos contaminados por metales tóxicos (Hg, Pb, Cd, As).

Es por esto que este trabajo tiene como objetivo generar datos que demuestren la presencia y concentración de metales tóxicos en alimentos de origen pesquero, por medio de análisis eco-toxicológico que demuestre y garantice que los alimentos que estamos consumiendo están realmente sin contaminantes, para así contribuir con dicha información en la implementación de políticas que establezcan límites permisivos o valores de referencia de acuerdo a lo tolerable para el cuerpo humano, evitando así alteraciones en la salud; y adicionalmente que dicha normatividad regule y garantice la seguridad e inocuidad alimentaria de origen pesquero.

### 2. Materiales y métodos

#### 2.1. Realización de encuestas

La encuesta tuvo una cobertura dentro de la ciudad de Bogotá, se realizó a diferentes núcleos familiares, los cuales firmaron debidamente el consentimiento informado; se utilizó el marco de todos los estratos socioeconómicos de 19 localidades, A partir de este marco se seleccionarán los hogares que se incluirán en el estudio, y se tuvo en cuenta la población de cada localidad y el número de encuestas que se debía hacer por cada estrato socioeconómico, para que la muestra y los resultados fueran representativos; después de realizar las encuestas, se tabularon y se analizaron los datos, determinando principalmente las variables de interés.

#### 2.2. Selección de especies de origen pesquero

Las especies de pescado utilizadas en el muestreo fueron seleccionadas a partir de los consumos preferenciales en los diferentes estratos socioeconómicos de la ciudad de Bogotá, el ambiente de origen, el régimen alimentario y el hábitat de las especies,

## Metales tóxicos en los alimentos de origen pesquero

información que se identifica en la tabla 1 con base en la encuesta realizada y en la tabla 2 según informe de mercado de pesca en la ciudad de Bogotá [2].

Nombre común	Nombre Científico	Fuente	Régimen Alimenticio	Hábitat
Tilapia	<i>Oreochromis sp.</i>	Acuicultura	Omnívoro	Agua dulce
Bocón	<i>Pseudopimelodus sp.</i>	Continental	Carnívoro	Marinos
Nicuro	<i>Pimelodus sp.</i>	Continental	Omnívoro	Agua dulce
Robalo	<i>Centropomus sp.</i>	Marino	Carnívoro	Marinos y Agua dulce
Bocachico	<i>Prochilodus sp.</i>	Continental	Iliófago	Agua dulce
Sierra	<i>Scomberomorus sp.</i>	Marino	Carnívoro	Marinos
Salmon	<i>Oncorhynchus sp.</i>	Marino	Carnívoro	Marinos
Panga	<i>Pangasius sp.</i>	Acuicultura	Omnívoro	Agua dulce

Tabla 1: Especies de mayor consumo de origen pesquero [2].

### 2.3. Puntos de muestreo

Para la identificación de los puntos de muestreo se tuvieron en cuenta dos criterios, el tipo de local de distribución de productos pesqueros (tabla 1) y la localización espacial en la ciudad de Bogotá (Ilustración 1) con el fin de tener una cobertura general en de las localidades de la ciudad.

Plaza	N° plaza	Localidad	Plaza	N° plaza	Localidad
Mayoristas	1	Los Mártires	Minoristas	9	Usaquén
	2	Kennedy			
	3	Los Mártires			
	4	Kennedy		10	Suba
	5	Usaquén			
	6	Usaquén			
	7	Fontibón			
	8	Barrios Unidos		11	Suba

Tabla 2: Puntos de muestreo en Bogotá [2].

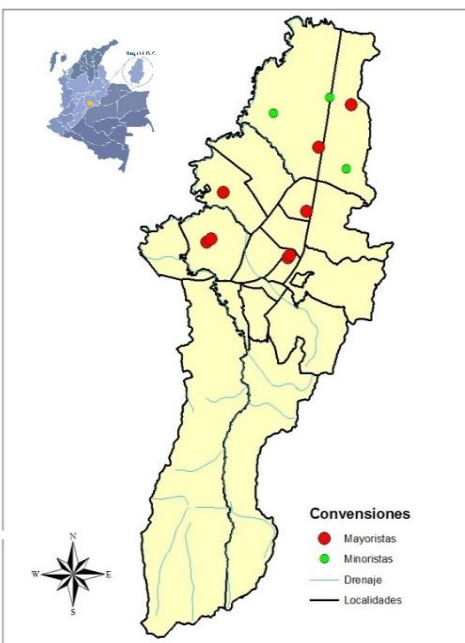


Ilustración 1: Mapa de puntos de muestreo en Bogotá, Fuente: Elaboración propia

### 2.3.1. Procesamiento de muestras

Se realizaron dos muestreos durante el estudio, en los meses de junio y septiembre del 2014, para obtener una muestra representativa de la zona de estudio, después de determinar los principales puntos de venta tanto mayoristas como minoristas, se compraron diferentes especies de pescado, los cuales se refrigeraban en una nevera de icopor con hielo a una temperatura de 4°C, después de abarcar dichos puntos de venta, se llevaron las muestras de pescado al laboratorio. Se realizó una debida limpieza al lugar de trabajo, con el fin de desinfectar y evitar que la muestra se contamine con alguna sustancia externa; en el laboratorio se realizó el procesamiento de las muestras el cual consto de quitar la aleta pectoral y quitar la piel de los peces con una cuchilla cerca de la aleta dorsal, desde las branquias hasta la cola, se realizó un corte transversal para el cuerpo cerca de las branquias y a lo largo del borde ventral (desde las branquias a la cola) y finalmente transversal para el cuerpo cerca de la aleta de la cola, posteriormente se pesaron las muestras en una balanza analítica, después de obtener el peso requerido por cada muestra, se insertaron las muestras en un picador para homogenizar, todas las características físico-químicas de la misma, finalmente se guarda cada muestra en bolsas ziploc, con su respectivo código, y se refrigeraron hasta que se analizaron con el espectrofotómetro [3].

### 2.3.2. Identificación de metales tóxicos en las muestras

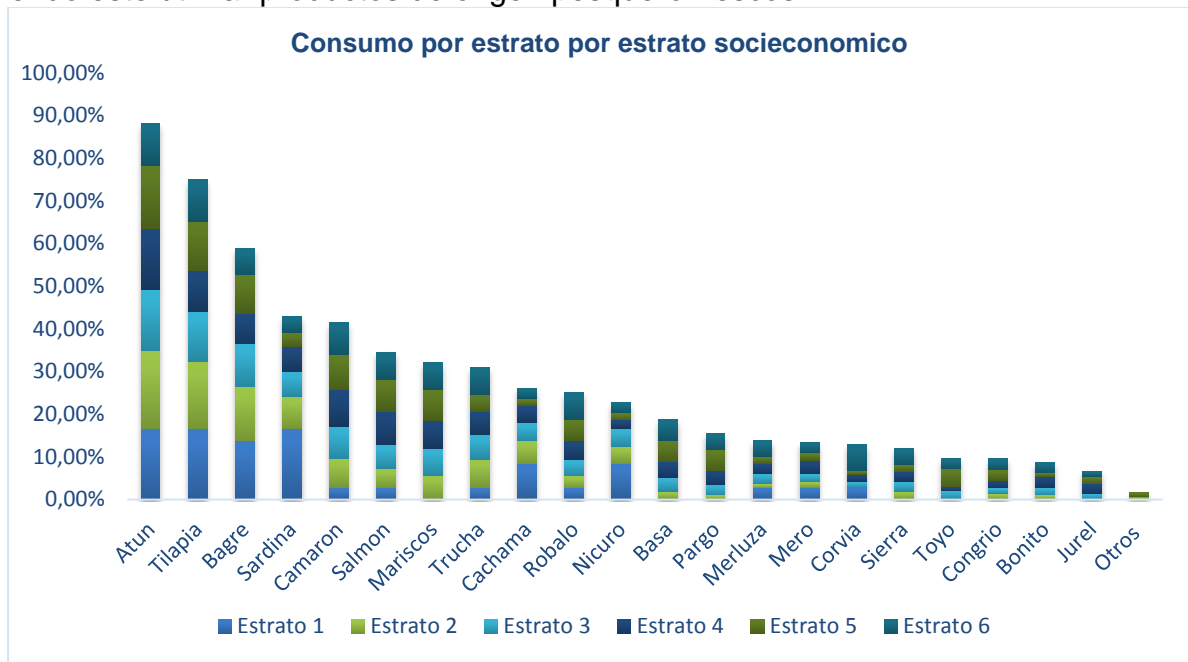
Para la determinación química de metales tóxicos en productos pesqueros de mayor consumo en Bogotá, se realizó por medio de la técnica de Espectrofotometría de Absorción Atómica (EAA) en 240 muestras en total, en las cuales se identificaron metales altamente tóxicos como: Cadmio (Cd) y Mercurio (Hg); y tóxicos como: Plomo (Pb) y moderadamente tóxicos: Arsénico (As). Se utilizó el método de Horno de Grafito (GFASS) para determinar Pb, Cd y Hg, y el método de Generación de Hidruros (HGAAS) para Hg.

### 3. Resultados

#### 3.1. Especies de mayor consumo por estrato socioeconómico de origen pesquero

En la Grafica 1 se identifica de mayor a menor las preferencias de consumo de las especies de origen pesquero en la ciudad de Bogotá, se realizaron 695 encuestas a diferentes núcleos familiares de los estratos 1 al 6, donde se identificó que en el estrato 1 las especies de mayor consumo son atún, tilapia, bagre, sardina y nicuro; para el estrato 2 y 3 atún, tilapia, bagre y sardina; en el estrato 4 y 5 atún, tilapia, bagre, sardina y salmón; y en el estrato 6 tilapia, bagre, camarón y robalo.

Las especies de atún y sardinas, están dentro de las especies de mayor consumo de varios estratos socioeconómicos, estas especies no se tuvieron en cuenta en el muestro teniendo como base uno de los criterio de clasificación de las especies, siendo este utilizar productos de origen pesquero frescos.

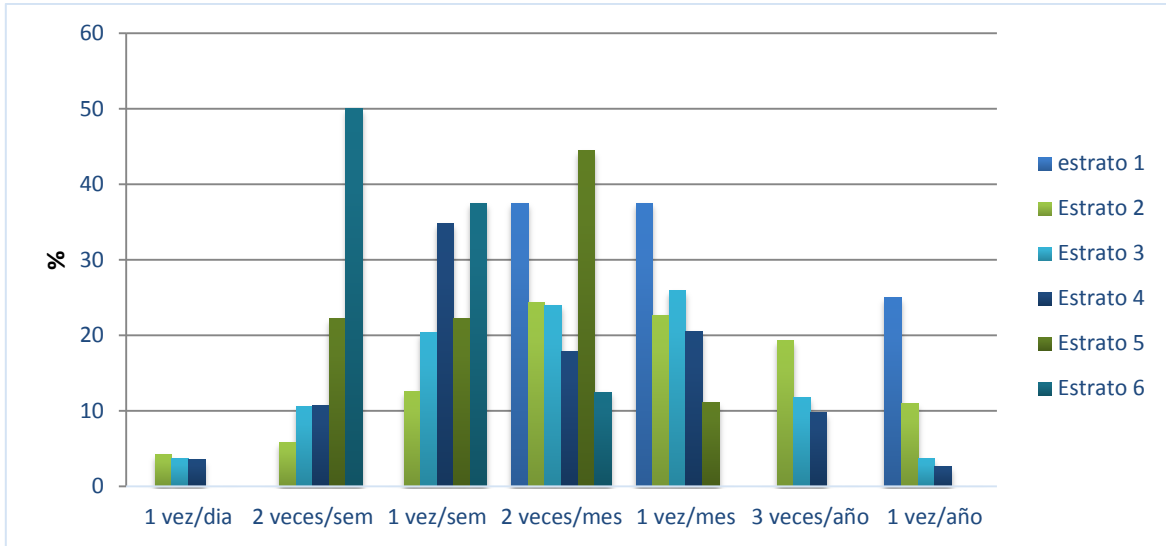


Grafica 1: preferencia de consumo de alimento de origen pesquero por estrato socioeconómico

#### 3.2. Frecuencia de consumo de las especies de origen pesquero por estrato socioeconómico

Se identifica en la gráfica 2 los resultados obtenidos de la encuesta respecto a las frecuencias de consumo de las especies de origen pesquero indicadas en la gráfica 1, donde el estrato 1, 2 y 3 tienen mayor frecuencias de consumo de 1 a 2 veces al mes, en el estrato 4 mayor frecuencia de consumo de 1 vez a la semana, en el estrato 5 es de 1 vez a la semana y 2 veces al mes y en el estrato 6 es de 2 veces a la semana, en lo cual se observa una relación directa entre los estrato socioeconómicos y las frecuencias de consumo.

## Metales tóxicos en los alimentos de origen pesquero



Gráfica 2: Frecuencia de consumo de alimentos de origen pesquero en la ciudad de Bogotá

### 3.3. Concentración de Hg, Pb, Cd, As en especies de origen pesquero

En la tabla 3 se identifican las concentraciones de Pb, Cd, As, Hg, para las especies mencionadas en la tabla 1, adicionalmente se determinó, el número total de muestras realizadas por cada especie para cada metal, la desviación estándar, el porcentaje de los valores que se encontraban por debajo del límite de detección y el rango de valores en el que se encontró la concentración de cada especie por cada metal, es decir valor máximo y mínimo.

Para la especie *Oncorhynchus sp* donde el número de muestras realizadas fue 0, se utilizó la siguiente fórmula para una identificación aproximada de valor.

$$\text{Valor aproximado} = \frac{\text{Valor mínimo de detección}}{\sqrt{2}} \quad (\text{Ecuación 1})$$

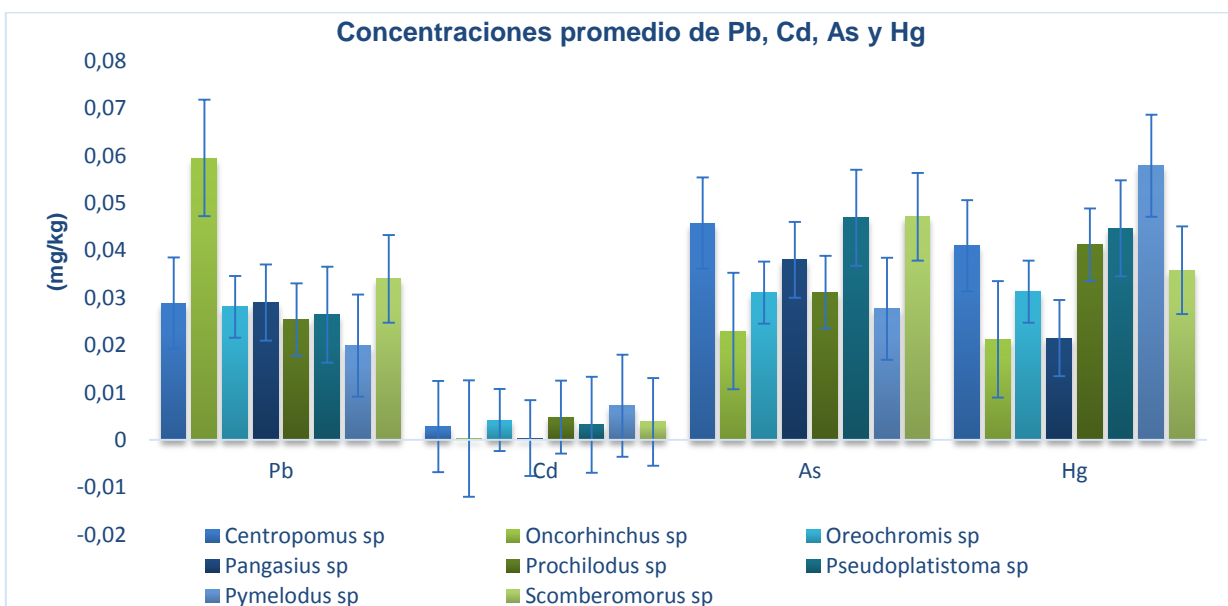
Metal Tóxico	Especie	Pb (mg/Kg)	n	% (< LD)	Rango (máx. - mín)
Pb	<i>Centropomus sp</i>	0,0289 (±0,0134)	8	57,894	0,0518 - 0,0163
	<i>Oncorhynchus sp</i>	0,0595 (±0,0417)	2	80	0,089 - 0,03
	<i>Oreochromis sp</i>	0,0281 (±0,0128)	7	63,157	0,043 - 0,016
	<i>Pangasius sp</i>	0,029 (±NA)	1	80	0,029 - 0,029
	<i>Prochilodus sp</i>	0,0254 (±0,0071)	8	46,666	0,036 - 0,016
	<i>Pseudoplatistoma sp</i>	0,0264 (±0,0116)	6	71,428	0,0499 - 0,02
	<i>Pymelodus sp</i>	0,0199 (±0,0019)	4	42,857	0,0217 - 0,0173
Cd	<i>Scomberomorus sp</i>	0,034 (±0,0162)	7	63,157	0,0643 - 0,0196
	<i>Centropomus sp</i>	0,0028 (±0,0015)	7	63,157	0,0047 - 0,0005
	<i>Oncorhynchus sp</i>	0,0003 (±NA)	0	100	0,0003 - 0,0003
	<i>Oreochromis sp</i>	0,0042 (±0,0061)	6	68,421	0,0164 - 0,0007
	<i>Pangasius sp</i>	0,0004 (±NA)	1	80	0,0004 - 0,0004
	<i>Prochilodus sp</i>	0,0048 (±0,0065)	6	60	0,0174 - 0,0004
	<i>Pseudoplatistoma sp</i>	0,0032 (±0,0045)	8	61,904	0,0142 - 0,0004

## Metales tóxicos en los alimentos de origen pesquero

	<i>Pymelodus sp</i>	0,0072 ( $\pm 0,0074$ )	5	28,571	0,0165 - 0,0012	
	<i>Scomberomorus sp</i>	0,0038 ( $\pm 0,0048$ )	5	73,684	0,0122 - 0,0006	
As	<i>Centropomus sp</i>	0,0458 ( $\pm 0,0445$ )	10	47,368	0,167 - 0,016	
	<i>Oncorhinchus sp</i>	0,023 ( $\pm NA$ )	1	90	0,023 - 0,023	
	<i>Oreochromis sp</i>	0,0311 ( $\pm 0,0111$ )	5	73,684	0,0433 - 0,0161	
	<i>Pangasius sp</i>	0,038 ( $\pm NA$ )	1	80	0,038 - 0,038	
	<i>Prochilodus sp</i>	0,0312 ( $\pm 0,0086$ )	3	80	0,039 - 0,022	
	<i>Pseudoplatistoma sp</i>	0,0469 ( $\pm 0,0508$ )	8	61,904	0,168 - 0,014	
	<i>Pymelodus sp</i>	0,0277 ( $\pm 0,0072$ )	2	71,4285	0,0328 - 0,0226	
	<i>Scomberomorus sp</i>	0,0471 ( $\pm 0,0299$ )	5	73,684	0,096 - 0,0216	
	Hg	<i>Centropomus sp</i>	0,041 ( $\pm 0,0263$ )	16	15,789	0,0895 - 0,016
		<i>Oncorhinchus sp</i>	0,0212 ( $\pm 0,0025$ )	5	50	0,025 - 0,019
<i>Oreochromis sp</i>		0,0313 ( $\pm 0,0108$ )	14	26,315	0,0472 - 0,018	
<i>Pangasius sp</i>		0,0215 ( $\pm 0,0019$ )	4	20	0,023 - 0,019	
<i>Prochilodus sp</i>		0,0412 ( $\pm 0,0263$ )	13	13,333	0,0933 - 0,017	
<i>Pseudoplatistoma sp</i>		0,0447 ( $\pm 0,0295$ )	17	19,0476	0,1058 - 0,018	
<i>Pymelodus sp</i>		0,0579 ( $\pm 0,0269$ )	4	42,8571	0,0879 - 0,0245	
<i>Scomberomorus sp</i>		0,0358 ( $\pm 0,0202$ )	14	26,315	0,0868 - 0,019	

Tabla 3: Valores de promedio y desviación estándar de las concentraciones de Pb, Cd, As y Hg para cada especie.

En la gráfica 3 se observa que todas las especies de origen pesquero presentaron valores de concentración de Pb, Cd, As y Hg, donde el Cd presenta valores de concentraciones menores que el Pb, As y Hg ya que presentan comportamientos similares con valores de concentraciones mayores.



Gráfica 3: Promedio y desviación estándar de las concentraciones de Pb, Cd, As y Hg para cada especie.

## Metales tóxicos en los alimentos de origen pesquero

En la tabla 4 se indican los niveles máximos permitidos de Pb, Cd, As y Hg en el pescado implementadas por el Codex Alimentarius [5], y las concentraciones promedio identificadas para Pb, Cd, As y Hg en el musculo de las especies de origen pesquero (tabla 3), de lo cual se infiere que las concentraciones de As determinadas en el muestreo sobrepasan el nivel máximo permitido, por el contrario Pb, Cd y Hg no sobrepasan los niveles máximos permitidos, sin embargo esto no nos da una certeza de que no se esté generando un riesgo de exposición por bioacumulación para la salud humana de la población analizada, teniendo en cuenta que estamos expuestos a través del consumo de diferentes especies (grafica 3) en nuestra dieta básica, con frecuencias de consumo significativas (grafica 2) por un periodo de tiempo de exposición el cual depende de la edad de cada individuo.

El riesgo de exposición por bioacumulación no solamente se manifiesta por consumo de especies de origen pesquero sino también a través de muchos otros alimentos como las frutas y verduras [6]- [7], los cuales están siendo consumidos por la población estudiada, además de esto se identifica que el Cd y As son clasificados como *carcinógenos* para los seres humanos y el Pb y Hg como *posiblemente carcinógenos* para los seres humanos (tabla 5). De tal forma que la salud pública puede reflejar las consecuencias de una alimentación con sustancias nocivas para el ser humano.

<b>Metal</b>	<b>Valor promedio de muestreo (mg/kg)</b>	<b>Nivel máximo permitido (mg/kg)</b>
Pb	0,0314	0,3
Cd	0,0033	0,05
As	0,0364	0,002
Hg	0,0368	0,5

Tabla 4: Comparación entre niveles máximos permitidos [5] y valores de muestreo.

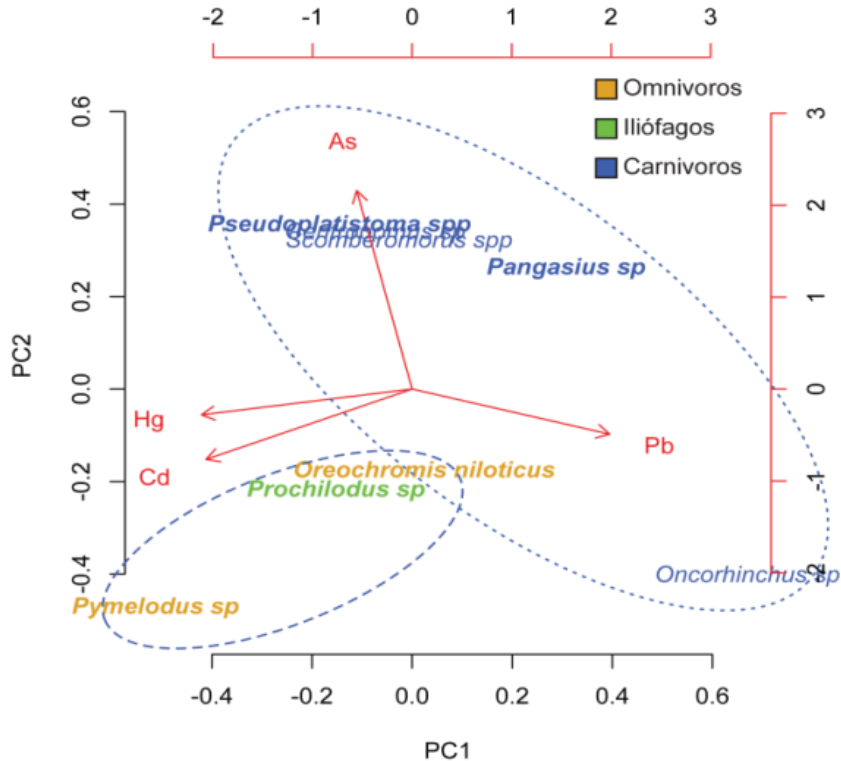
<b>Metal tóxico</b>	<b>Clasificación</b>
Cd	Grupo 1: Carcinógeno para los seres humanos
As	Grupo 1: Carcinógeno para los seres humanos
Pb	Grupo 2B: Posiblemente carcinógeno para los seres humanos
Hg	Grupo 2B: Posiblemente carcinógeno para los seres humanos

Tabla 5: Clasificación de carcinogenicidad [8].

En la gráfica 4 podemos observar una relación entre la concentración de los contaminantes estudiados y el régimen alimenticio al cual pertenece cada especie, donde los mayores valores de concentración de Pb y As lo presentaron los carnívoros y los mayores valores de concentración de Hg y Cd los presentaron los iliófagos y omnívoros, lo cual se presenta un relación directa en el aumento de la concentración de un xenobiótico debido al consumo de alimentos que lo hallan bioacumulado, lo cual genera la biomagnificación que ocurre cuando se suman las concentraciones a lo

## Metales tóxicos en los alimentos de origen pesquero

largo de la cadena trófica y las consecuencias las padecen los organismos que ocupan su lugar al final de la cadena alimenticia, como ocurre con los humanos. Por otra parte una especie omnívora, se alimenta de comida en el fondo del sedimento y esto también puede contribuir a la acumulación selectiva de Hg y Cd en esta especie [9].



Gráfica 4: Análisis de componentes principales (PCA).

### 3.4. Toxicocinética de Hg, Pb, Cd y As

La toxicocinética es el tránsito por el organismo de un producto capaz de originar intoxicaciones sistemáticas que incluye la concentración de una serie de procesos, como son los siguientes: absorción, distribución, fijación y excreción, a lo largo de los cuales, la molécula tóxica experimenta numerosas transformaciones bioquímicas [10].

Los tóxicos se pueden clasificar por el lugar de acción, ya sea local o sistemática, en este caso para los metales tóxicos Hg, Pb, As y Cd, se genera una toxicidad sistemática, donde el toxico genera acción a distancia, en un lugar distinto al de entrada. Para ello es preciso que el producto ingrese al organismo y se desplace hasta llegar al lugar o lugares donde, con mayor o menor especificidad ejercerá su acción [10].

En la ilustración 2 se identifica los modelos toxicocinéticos de los metales tóxicos As, Cd, Hg Y Pb en el ser humano, los cuales presentan un comportamiento similar del tránsito de estos metales tóxicos en los diferentes tejidos, sistemas, órganos, etc. Se evidencia en caso del As y Pb que se fija en el tejido óseo, a diferencia de Hg y Cd que no se fijan ni se distribuyen en este tejido, El As y Hg se fijan en el cerebro y el Pb

## Metales tóxicos en los alimentos de origen pesquero

se fija en el sistema nervioso central (SNC) a diferencia del Cd que no se fija en ningún compartimiento del SNC.

En la ilustración 2 se identifica los potenciales de absorción por ingestión para Hg, Pb, Cd y As, donde el Hg tiene el mayor potencial de absorción con un 95%, por lo cual el consumo de especies con concentraciones de Hg (tabla 3) presentan un riesgo de exposición por absorción más alto, seguido del Hg, el As presenta un potencial de absorción de 75% con un riesgo de exposición por absorción menor, el Cd y Pb tienen un potencial de absorción de 7.5% con una diferencia significativa respecto al Hg y As, por lo cual el consumo de especies con concentraciones de Cd y Pb presentan un menor nivel de exposición por absorción, sin embargo, el riesgo de exposición también depende de la dosis de la concentración ingerida (tabla 3), las frecuencias de consumo (grafica 8) y el periodo de exposición el cual depende de la edad del individuo.

3.4.1. Modelos Toxicocinéticos de Hg, Pb, As y Cd

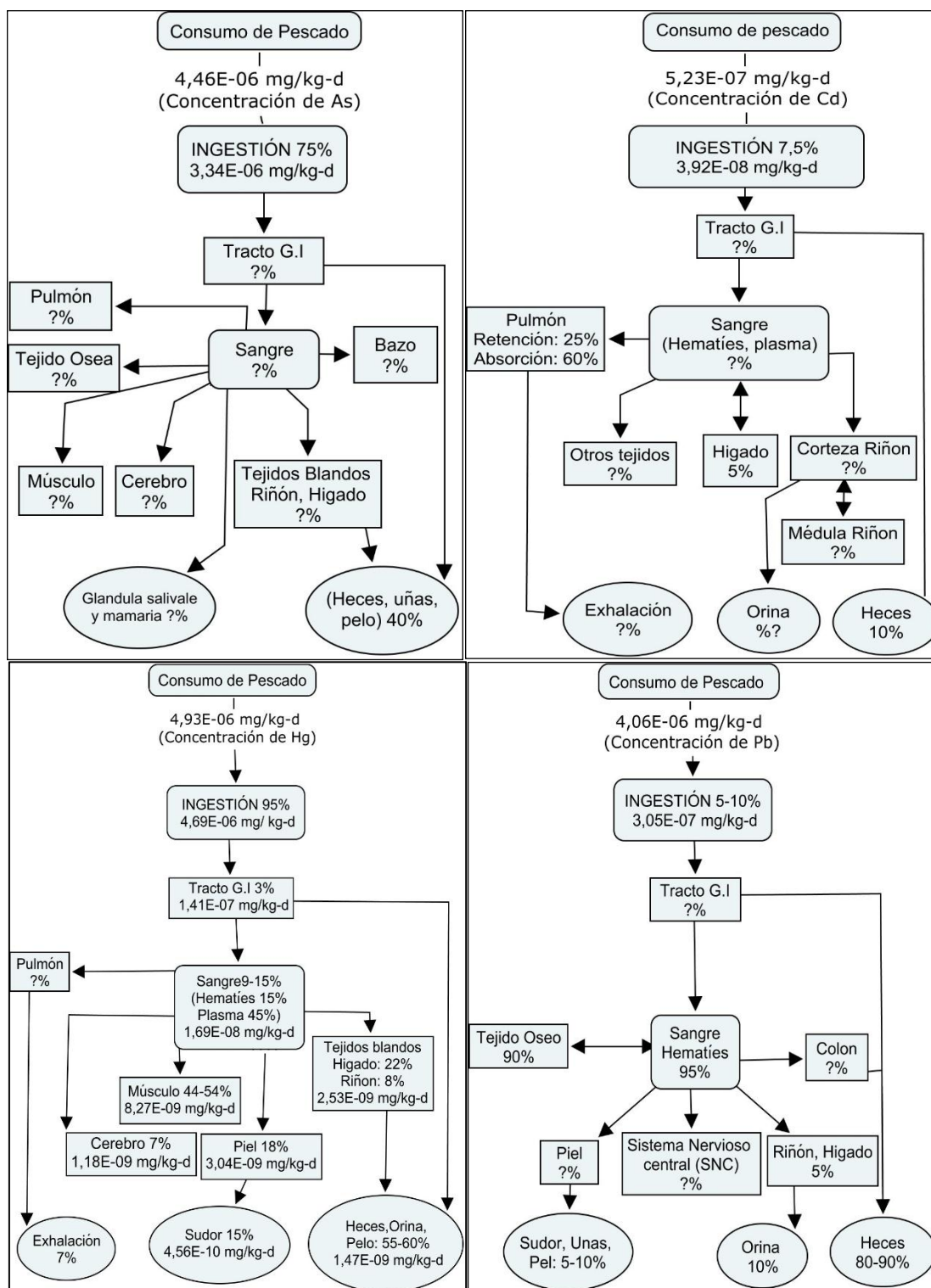


Ilustración 2: Toxicocinética de As, Cd, Hg y Pb en el ser humano, Fuente: [11]- [12]- [10].

? % = No identificación de datos en la literatura científica

#### **3.4.2. Toxicocinética de Pb en el ser humano**

EL Pb se distribuye con lentitud y se deposita en un 90% en los huesos, donde es relativamente inactivo. El 10% restante se distribuye por otros órganos, especialmente cerebro, hígado y riñones [12].

Del 80-90% del plomo se elimina por las heces. El restante 10% se elimina por orina, por un proceso de filtración y posiblemente de excreción activa por los túbulos renales. Pequeñas cantidades de plomo se eliminan con el pelo, las uñas, sudor, y saliva. El plomo puede atravesar la placenta, la barrera hemato-encefálica y puede encontrarse en la leche humana. Se considera que la vida media del plomo circulante es de unos 2 meses, pero la del depositado en los huesos puede aproximarse a los 30 años [12].

#### **3.4.3. Toxicocinética de Cd en el ser humano**

Alrededor del 5-10% del ingerido se absorbe, una vez en la sangre es transportado por los hematíes hacia el pulmón, el riñón y el hígado, donde se almacena el 75% de los 30 mg que suele haber en el cuerpo humano. Las posibilidades de eliminación son escasas y la vida media es mayor de 30 años [12].

#### **3.4.4. Toxicocinética de As en el ser humano**

El arsénico se absorbe bien por vía oral. Circula unido a la globina del hematíe y a otras proteínas, y en unas 24 h se distribuye por todo el organismo, especialmente hígado, bazo, pulmones, intestino y piel. En esos órganos se fija a los grupos sulfhidrido de las proteínas tisulares e inhibe diversos mecanismos enzimáticos, en particular la fosforilación oxidativa. La mayoría de la dosis absorbida se excreta por vía renal (de forma muy lenta), pero podemos encontrar el tóxico en las uñas o el pelo, lo que tiene cierto interés médico-legal. El arsénico no atraviesa la barrera hemato-encefálica [12].

#### **3.4.5. Toxicocinética de Hg en el ser humano**

La vía digestiva es por ingestión, en el tracto gastrointestinal, mientras que, en contraste, la absorción de los compuestos orgánicos por esa vía es 95%, independientemente de si el radical metilo está unido a una proteína o no. Si consideramos al organismo humano un modelo mono-compartimental abierto, la vida media del mercurio en exposición aguda es de 1,3 días [13].

La cantidad de mercurio excretada por vía renal/heces es entre 50 y 55% de la dosis total absorbida; por saliva equivale al 25% de la concentración sanguínea y al 10% de la urinaria; por sudor el 15%, suficiente para tenerla en cuenta en el balance global; y la vía respira, por exhalación. Interviene hasta con 7% [13].

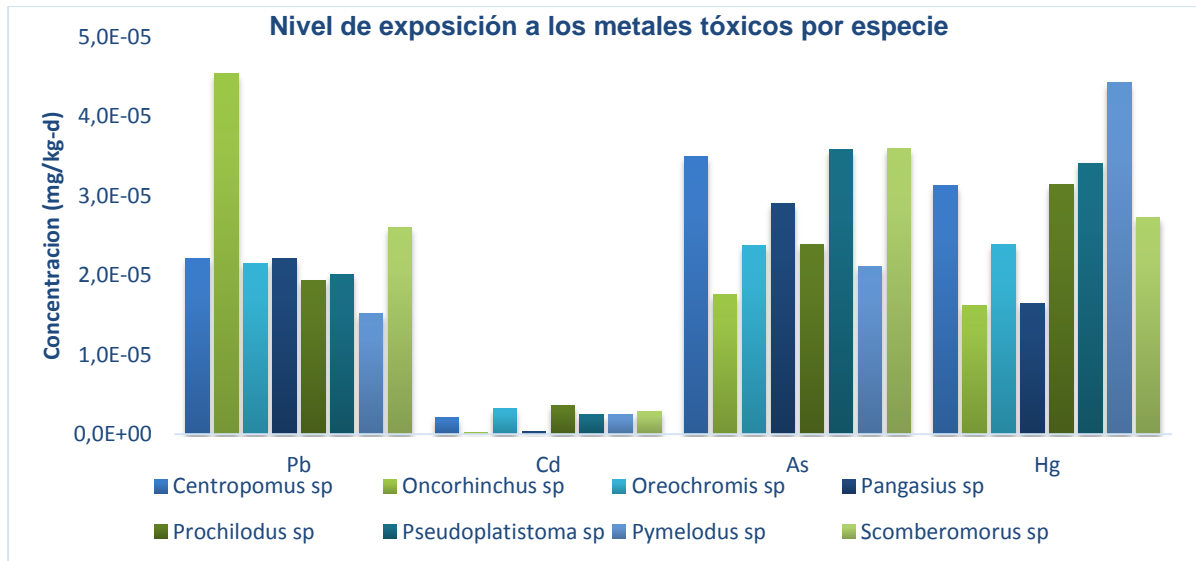
Los compuestos orgánicos de Hg se absorben bien por vía digestiva y se acumulan en el SNC donde producen una amplia patología. Algunos compuestos pasan la barrera placentaria y se acumulan en el SNC del feto. En los últimos años se ha relacionado un mayor número de nacimiento de niños con parálisis cerebral, con una forma crónica y larvada de intoxicación por Hg [12].

### 3.5. Eco análisis

En el eco análisis se identifica la relación de las variables de las concentraciones de Hg, Pb, Cd y As de las especies de origen pesquero analizadas; y los hábitos alimenticios y características de la dieta de la población estudiada, con el fin de identificar el nivel de exposición al riesgo por consumo de estas especies.

Las gráficas mostradas a continuación se realizaron con base en ecuaciones tomadas de “*Guidance for Assessing Chemical Contaminant Data for Use In Fish Advisories*” [14]. Donde se tuvieron en cuenta variables como; concentración de Hg, Pb, As y Cd en las especies de origen pesquero analizadas (Tabla 3), frecuencia de consumo (Grafica 2), la expectativa de vida promedio de un individuo para Colombia con un valor de 73,78 [15], edad y peso único de referencia de un individuo [14], valores límites permisibles de referencia [5], porciones y consumo de pescado en un tiempo determinado con base en la frecuencia de consumo, peso de porción, tasa de consumo y tamaño de porción de las especies analizadas las cuales están relacionadas con la frecuencia de consumo por cada especie (Grafica 2) (Grafica 8).

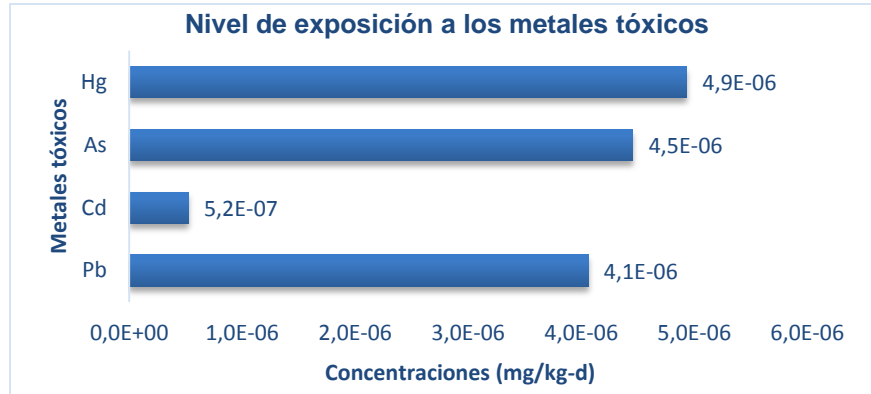
En la gráfica 5 se identifica que el Cd tiene un nivel menor de exposición frente a los otros metales tóxicos Pb, As y Hg por consumo de cada una de las especies analizadas, teniendo en cuenta que hay una relación directa en las concentraciones de los metales tóxicos (grafica 3) y el nivel de exposición por ingestión de especies, donde a mayor concentración mayor riesgo de exposición.



Gráfica 5: Exposición de los metales tóxicos por especie

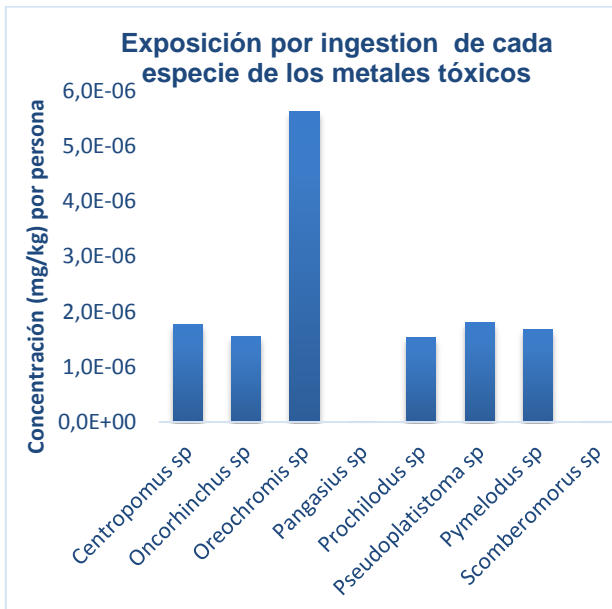
En la Grafica 6 se identifica el comportamiento de nivel de exposición para cada metal con las concentraciones de todas las especies, donde se identifica que el Cd genera menor nivel exposición al ingerir todas las especies analizadas, teniendo en cuenta que el Cd presento menores concentraciones a diferencias del Hg, As y Pb, (Tabla 3) que presentan un mayor nivel de exposición.

## Metales tóxicos en los alimentos de origen pesquero

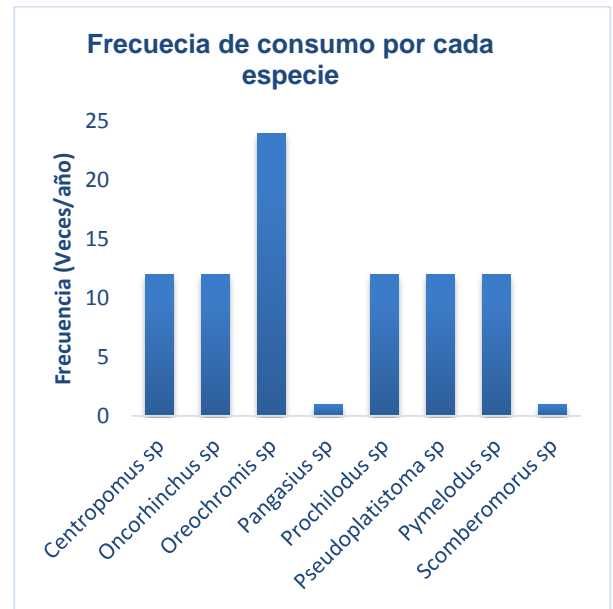


Gráfica 6: Exposición a un contaminante m por ingestión de j especies de pescado

En la gráfica 7 se identifica que la especie que presenta mayor exposición por ingestión es *Oreochromis sp*, teniendo en cuenta que esta especie tiene mayor frecuencia de consumo (gráfica 8), las especies que presentan menor exposición por ingestión son *Pangasius sp* y *Scomberomorus sp* que tiene menor frecuencia de consumo (gráfica 8), por lo cual hay una relación entre la frecuencia de consumo de las especies y la exposición por ingestión de las mismas.



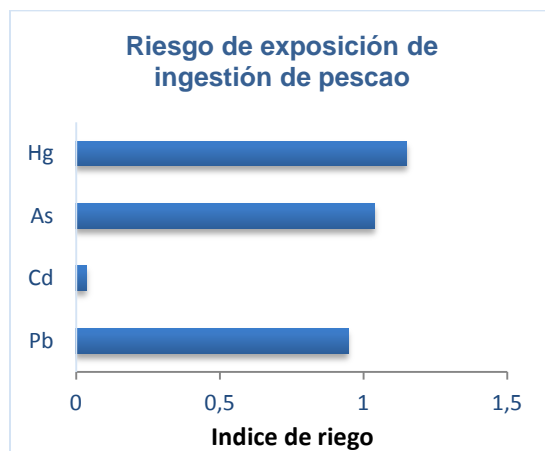
Gráfica 7: Exposición por ingestión de cada especie.



Gráfica 8: Frecuencia de consumo por especie.

## Metales tóxicos en los alimentos de origen pesquero

En la Grafica 9 se identifica el índice de exposición de riesgo por ingestión de pescado con concentraciones de Hg, As, Pb y Cd, donde Cd genera menor riesgo de exposición, a diferencia de Hg, As y Pb que genera mayor riesgo, ahora, Hg y As sobrepasan el nivel de riesgo aceptable, pues su valor es mayor a 1, por lo cual la población va a tener un mayor riesgo al estar expuesto a ingestión de especies de pescado con concentraciones de Hg y As.



Grafica 9: Riesgo de exposición por ingestión

### 3.6. Identificación de políticas públicas relacionadas con el problema

Se realizó una revisión y análisis a la normativa y políticas públicas en lo relacionado con la regulación de la inocuidad de los alimentos de origen pesquero (grafica 6), donde se evidencia la ausencia de normativa y políticas públicas basadas en la regulación de los límites permisibles de las concentraciones de metales tóxicos no solamente en alimentos de origen pesquero, si en los alimentos en general.

NORMATIVA	ENTIDAD QUE LA EXPIDE	DESCRIPCIÓN
Resolución 4547 de 1998	Ministerios de salud, agricultura y desarrollo rural y comercio exterior	Adopta con carácter obligatorio el sistema HACCP en productos pesqueros acuícolas de importación y exportación
NTC 1443	ICONTEC	Productos de la pesca y acuicultura. Pescado entero, medallones y trozos, refrigerados o congelados.
Decreto 561, capítulos I, II, III, IV DE 1984	Ministerio de salud y agricultura	Prácticas para el pescado fresco
Decreto 561 capítulo VI	Ministerio de salud y agricultura	Prácticas para el pescado congelado
Decreto 977 de 1998	Ministerio de salud	Comité Nacional del Códex Alimentarius. Asesorar al Gobierno Nacional en el estudio de las políticas y planes sobre normas alimentarias y los análisis de

## Metales tóxicos en los alimentos de origen pesquero

		principios y procedimientos,
Resolución 776 de 2008	Ministerio de protección social	Reglamento técnico sobre los requisitos fisicoquímicos y microbiológicos que deben cumplir los productos de la pesca, en particular pescados, moluscos y crustáceos para consumo humano.

Tabla 6: Normativa vigente en Colombia [16], [17], [5].

### 3.7. Análisis de la técnica de identificación de metales tóxicos

La técnica de espectrofotometría de absorción atómica de horno grafito tiene un nivel de detección desde 0,02 mg/kg para Pb, As y Hg y la técnica de espectrofotometría de absorción atómica de generación de hidruros tiene un nivel de detección desde 0,0004 mg/kg para Cd, al finalizar el análisis de muestras en el laboratorio se identificó un porcentaje de muestras con valores no detectados es decir que están por debajo del nivel de detección respectivamente para cada metal toxico analizado, los cuales se pueden identificar en la tabla 7, de lo cual se puede inferir que para la realización de estudios próximos relacionados se sugiere utilizar otra técnica más sensible.

Descripción	Pb	Cd	As	Hg
Total de muestras realizadas	115	115	115	115
Total de muestras con valores detectados	42	38	33	87
Porcentaje de muestras con valores detectados (%)	36,52	33,04	28,70	75,65
Total de muestras con valores no detectados	73	77	82	28
Porcentaje de muestras con valores no detectados (%)	63,48	66,96	71,30	24,35

Tabla 7: Valores de muestras detectadas y no detectadas

## 4. Discusión

Las especies de origen pesquero de mayor consumo de la población muestreada en la ciudad de Bogotá son; atún, tilapia, bagre, sardina y nicuro en el estrato socioeconómico 1; atún, tilapia, bagre y sardina para los estratos socioeconómicos 2 y 3; atún, tilapia, bagre, sardina y salmón en los estratos socioeconómicas 4 y 5; y atún, tilapia, bagre, camarón y robalo en el estrato socioeconómico 6. Se identificó una relación directa entre los estratos socio-económicos y las frecuencias de consumo, es decir en los estratos más altos se presenta mayor consumo de pescado que en los estratos más bajos, por lo cual hay una mayor exposición al riesgo en los estratos altos.

Se determinó la presencia de Hg, Pb, Cd y As en *Oreochromis sp*, *Pseudopimelodus sp*, *Pimelodus sp*, *Centropomus sp*, *Prochilodus sp*, *Scomberomorus sp*, *Oncorhynchus sp* y *Pangasius sp*, donde las mayores

## Metales tóxicos en los alimentos de origen pesquero

concentraciones fueron presentadas por Hg, Pb y As en todas las especies a diferencia de las concentraciones de Cd que presentaron concentraciones menores en todas las especies.

Los resultados de las concentraciones promedio de Hg, Pb, As y Cd para todas las especies de origen pesquero analizadas, demuestran que en comparación con los niveles máximos permitidos establecido por El Codex Alimentarius, As sobrepasa el nivel máximo permitido a diferencia del Hg, Pb y Cd que presentan niveles de concentración inferiores al nivel máximo permitido, sin embargo, esta información no nos garantiza que no se esté generando un riesgo para la salud, teniendo en cuenta que la población estudiada tiene frecuencias de consumo significativas durante periodos de exposición que depende de la edad de cada individuo, por lo cual existe un riesgo de exposición por bioacumulación de Hg, Pb, As y Cd para la población estudiada.

Los modelos toxicocinéticos de Hg, Pb, Cd y As, demuestran que el Hg y As tienen un potencial de absorción por ingestión mayor que el del Cd y Pb, por lo cual el consumo de especies de origen pesquero con concentraciones de Hg y As genera un riesgo de exposición por ingestión mayor que el consumo de especies de origen pesquero con concentraciones de Cd y Pb, de lo cual se infiere que el Cd genera un riesgo de exposición por ingestión menor ya que presentó menores concentraciones a diferencia del Hg, As, y Pb que presentaron un comportamiento similar con concentraciones mayores, por lo cuales el Pb genera un riesgo de exposición por ingestión menor que el Hg y As por su menor potencial de absorción por ingestión.

De las especies de origen pesquero analizadas *Oreochromis sp* presenta un mayor riesgo de exposición por ingestión con concentraciones de Hg, Cd, As y Pb, teniendo en cuenta que su frecuencia de consumo es mayor que las demás especies analizadas por la población estudiada, por lo cual el Hg, Cd, As y Pb serán bioacumulados en mayor medida por consumo de *Oreochromis sp*, por el contrario las especies *Pangasius sp* y *Scomberomorus sp* presentan un riesgo de exposición menor, ya que su frecuencia de consumo es menor, por consiguiente el Hg, Cd, As y Pb serán bioacumulados en menor medida.

Se identificó una relación entre la concentración de los metales tóxicos y el régimen alimenticio al cual pertenece cada especie, donde las mayores valores de concentración de Pb y As lo presentaron los carnívoros (*Pseudopimelodus sp.*, *Centropomus sp*, *Scomberomorus sp.*, *Oncorhynchus sp.*) y los mayores valores de concentración de Hg y Cd los presentaron los iliófagos (*Prochilodus sp*) y omnívoros (*Pimelodus sp*, *Pangasius sp*, *Oreochromis sp.*), es decir que dependiendo del tipo de especie que se esté consumiendo se ingiere más, o, menos en cuanto al contenido de las concentraciones de metales tóxicos.

## Agradecimientos

Esta investigación fue apoyada por Ellie Anne López Barrera-Bióloga Marina, PhD y Rafael Gabriel Barragán González- Biólogo Marino, MSc.

## Conflicto de intereses y financiación

No hay conflicto de interés.

## Financiación

El proyecto de investigación se hizo por la cofinanciación de la Universidad Santo Tomás y Universidad Sergio Arboleda.

## Bibliografía

- [1] V. d. Oost, J. Beyer y N. Vermeulen, «Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review,» *Environmental Toxicology and Pharmacology*, vol. 13, pp. 57-149, 2003.
- [2] Centro para los servicios de información y asesoramiento sobre la comercialización de los productos pesqueros de América Latina, INFOPECA, «El mercado de pesca en la ciudad de Bogotá,» INFOPECA, Bogotá , 2010.
- [3] F. L. Niencheski y G. Fillmann, «Avaliação Ambiental de Estuários Brasileiros: Diretrizes Metodológicas,» *Contaminantes: Metais, Hidrocarbonetos e Organoclorados*, pp. 63-118, 2006.
- [4] E. López Barrera y R. Barragán González, «¿peces con metales tóxicos en nuestra mesa?,» *La Timonera*, pp. 56-59, 2014.
- [5] Comité Nacional del Código Alimentarius, «Decreto 977 de 1998,» Comité Nacional del Código Alimentarius, Colombia , 1998.
- [6] D. Alonso, S. Latorre, E. Catillo y P. Branda, «Environmental occurrence of arsenic in Colombia: A review,» de *Environmental Pollution, Colombia*, 272-281, ELSEVIER, 2014, p. Colombia.
- [7] D. Miranda, C. Carranza, C. Rojas, C. Jerez, G. Fischer y J. Zurita, «Acumulación de metales pesados en suelo y plantas de cuatro cultivos hortícolas, regados con agua del río Bogotá,» *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, vol. 2, nº 2, pp. 180-190, 2008.
- [8] International Agency for Research on Cancer, IARC, «Agents Classified by the IARC,» IARC, Francia , 2012.

## Metales tóxicos en los alimentos de origen pesquero

- [9] D. Alonsoa, P. Pinedaa, J. Oliverob, H. Gonzálezc y N. Camposd, «Mercury levels in muscle of two fish species and sediments from the Cartagena Bay and the Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia,» de *Contaminación Ambiental*, Cartagena, ELSEVIER, 2000, pp. 157-163.
- [10] M. J. Repetto y G. K. Repetto, *Toxicología Fundamental*, Cuarta edición, Sevilla: Diaz de Santos, 2009.
- [11] A. V. Ramírez, «El cuadro clínico de la intoxicación ocupacional por plomo,» de *Anales de la Facultad de Medicina*, Peru, Scielo, 2005, pp. 50-57.
- [12] F. Pérez, M. Corornel y B. Glesias, «Intoxicación por productos industriales,» de *Principios de urgencias, emergencia y cuidados criticos*, España, SAMIUC, 2011.
- [13] A. Ramírez, «Intoxicación ocupacional por mercurio,» de *Anales facultad de medicina*, Perú, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Medicina, 2008, pp. 46-51.
- [14] Environmental Protection Agency (EPA), «Guidance for Assessing Chemical Contaminant Data for Use in Fish Advisories,» de *Risk Assessment and Fish Consumption Limits*, United States, Washington, DC, EPA, 2000, pp. 80-90.
- [15] Banco Mundial, «Expectativa de vida,» Public Data, Colombia, 2012.
- [16] Organización de las naciones unidas para la agricultura urbana y la alimentación FAO, «Estado actual de la normativa alimentaria de Colombia y su comparación con las normas del codex alimentarius,» Ministerio de la protección social, Bogotá, 2003.
- [17] Ministerio de salud y protección social, «Resolución 122 del 2012,» Ministerio de salud y protección social, Bogotá, 2012.