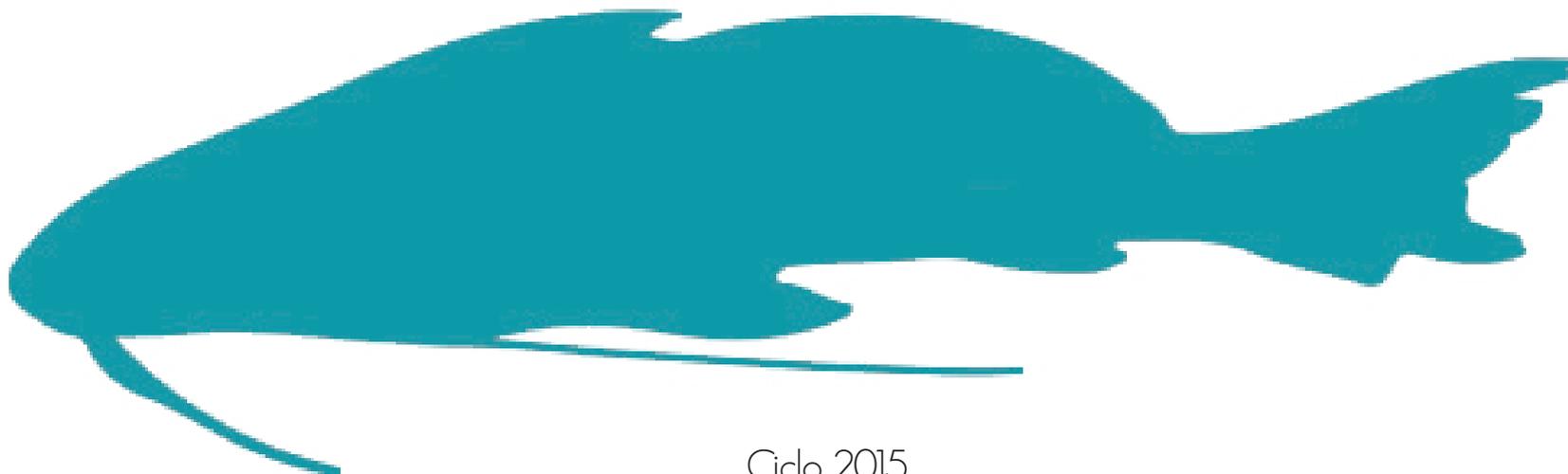


Informe de resultados del plan para la determinación de mercurio en **pescado mota** (*Calophysus macropterus*)



Ciclo 2015
(Octubre 2014 a Diciembre de 2015)

**Grupo del Sistema de Análisis de Riesgos Químicos en Alimentos y Bebidas
Dirección de Alimentos y Bebidas**

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	2
2. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo General	
2.2 Objetivos Específicos	
3. ANTECEDENTES	3
4. METODOLOGÍA	4
5. DISEÑO ESTADÍSTICO	4
5.1 Componentes Básicos del Diseño estadístico	
5.1.1 Universo	
5.1.2 Población Objetivo	
5.1.3 Marco Muestral o Estadístico	
5.2 Unidades Estadísticas	
5.2.1 Unidad de Muestreo	
5.2.2 Periodos de referencia y recolección	
5.2.2.2 Periodo de recolección	
5.2.3 Tipo de muestreo	
5.3 Técnica analítica y protocolos de toma de muestras y análisis	
6. RESULTADOS	7
6.1 Ejecución del plan	
6.2 Relación peso con la concentración de mercurio	
6.3 Comparación de los resultados por excedencias	
6.4 Comparación de los niveles de mercurio según los ríos donde se tomaron las muestras	
7. CONCLUSIONES	13
8. RECOMENDACIONES	14
9. BIBLIOGRAFÍA	14

1 Introducción

El mercurio (Hg) es un elemento natural que se encuentra en el medio ambiente de forma natural por la erosión de rocas que contienen mineral de mercurio o por emisiones volcánicas. También se puede encontrar por actividades humanas como la combustión de petróleo y carbón; la extracción de oro, la fabricación de cemento, bombillas de luz de bajo consumo y de productos químicos entre otros. Este elemento se encuentra en el ambiente de diferentes formas, como mercurio elemental o metálico; iónico o inorgánico; este último presente como compuesto complejo en solución y el mercurio orgánico en forma de metilmercurio, el cual es de mayor importancia en salud pública por su toxicidad (1).

El Hg inorgánico presente en los ambientes acuáticos, es transformado a mercurio orgánico o Metilmercurio (MeHg) mediante la acción de los microorganismos presentes. Cuando el metilmercurio está libre en el agua, tiene la capacidad de atravesar las membranas biológicas por lo que es incorporado con facilidad a las cadenas tróficas acuáticas. Esto unido a sus características liposolubles y su afinidad por los grupos sulfhídricos de las proteínas hace que esta sustancia sea peligrosa para los seres vivos (2).

Según la OMS, las personas pueden estar expuestas a cualquiera de las formas de mercurio en diversas circunstancias, una de las principales vías de exposición es el consumo de pescado y marisco contaminado con metilmercurio.

El Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos – Invima, dentro de su misión de proteger y promover la salud de la población, mediante la gestión del riesgo asociada al consumo alimentos, se encuentra desarrollando diversos programas con el fin de determinar las concentraciones de mercurio que puede estar presentes en pescados provenientes de las principales cuencas hidrográficas del país y que poseen los mayores volúmenes de pesca, según los Informe técnicos de Pesca y Acuicultura Colombia 2009¹, como el Bagre, Bocachico; y pescado Mota, que aunque su volumen de pesca no se encuentra dentro de los más altos, estudios realizados y presentados al Invima por ONG internacionales demuestran las altas concentraciones de mercurio y que pueden ser un riesgo para los consumidores.

Por tal razón el Invima desarrolló el siguiente plan con el objetivo de determinar las concentraciones de mercurio en pescado Mota.

1. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, la Corporación Colombia Internacional, Sembramos a Colombia por el Mundo y la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca – AUNAP

2 Objetivos

2.1 Objetivo General

Realizar el análisis descriptivo de los resultados obtenidos del programa de monitoreo de mercurio en pescado Mota durante el periodo 2014-2015.

2.2 Objetivos Específicos

- Consolidar los resultados obtenidos provenientes de los análisis de mercurio en pescado mota capturado en las cuencas de Amazonas y Orinoco.
- Evaluar los resultados obtenidos con relación a la normatividad sanitaria colombiana vigente.
- Con base en los resultados finales, presentar las recomendaciones y conclusiones; así como articular las acciones sanitarias a que diera lugar.

3 Antecedentes

En la Amazonia la pesca de Mota (*Calophysus macropterus*) se ha convertido en una actividad económica importante, ya que esta especie ha reemplazado una serie de otras especies sobreexplotadas y vendidas en Bogotá (3).

Con base a los resultados genéticos y morfogenéticos se ha detectado que en la mayoría de los casos en las pescaderías se vende el Pez Mota como Capaz, por su similitud física, debido a la escasez de Capaz procedente del río Magdalena.

Un estudio presentado en 2015 por la Fundación Omacha (ONG) a Invima, revela que el 54% de las muestras de pescado Mota, tomadas en diferentes expendios en Bogotá² y Leticia - Amazonas, superaron los niveles de mercurio permitidos en la Resolución 122 de 2012, expedida por el Ministerio de Salud y Protección Social. (4).

Por lo anterior, el Invima desarrolló un plan de monitoreo para determinar las concentraciones de mercurio en Pez Mota con el fin de adoptar medidas sanitarias de acuerdo con los hallazgos.

2. Las muestras tomadas en Bogotá provenían de la cuenca de la Amazonía de acuerdo con la información suministrada por los establecimientos que comercializan los pescados.

4 Metodología

Insumos para el diseño del plan del muestreo:

- Volumen de pesca del pez Mota en el país
- Volumen de pesca por lugar de pesca y desembarcos.
- Capacidad de procesamiento de muestras del laboratorio de referencia nacional del Invima.
- Referentes normativos (Resolución 122 de 2012 del Ministerio de Salud y Protección Social).

5 Diseño Estadístico

5.1 Componentes básicos del diseño estadístico

5.1.1 Universo

El universo está conformado por los pescados mota (Mapurito, Simi o Comegente) capturados en los diferentes puertos pesqueros de los ríos Amazonas y Orinoco, que son comercializados para el consumo humano.

5.1.2 Población objetivo

La población objetivo está definida por los pescados mota (Mapurito, Simi o Comegente) capturados en puertos pesqueros de los ríos Amazonas y Orinoco que cumplieran con los criterios establecidos por la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca – Aunap³ en relación con la talla mínima equivalente a 32 cm para esta especie (figura 1).

Figura 1: Medición del pecado mota.



Fuente Invima

5.1.3 Marco muestral o estadístico

No se tiene un marco Muestral donde se cuente con todo el conjunto total de las unidades de la población objetivo, que

3. Aunap: Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca

permita identificar y ubicar en este caso todos los pescados mota (Mapurito, Simi o Comegente) capturados.

Se contó con información auxiliar de los volúmenes de pescado capturado en los puertos pesqueros de las cuencas Amazónicas y Orinoquía. Según la Aunap la cantidad de pescado mota capturado para el 2013 fue de 142.590 kilogramos al año. Siendo el Amazonas el lugar de mayor pesca de esta especie con 139.637 kilogramos, representando el 98% del total pescado, seguido de Puerto Carreño (Orinoquía) con 2.909 (2%) kilogramos año.

El muestreo inició en la ciudad de Bogotá, D.C., realizando la toma de muestras del pescado mota en las plazas de mercado, debido a

que según la Aunap es la ciudad donde más se comercializa. Esta actividad de toma de muestra, se realizó después de la presentación al Invima de los resultados del estudio de mercurio en pescado mota por parte de la ONG citada anteriormente.

El número de muestras tomadas y analizadas por departamento es proporcional a los volúmenes de pesca suministrados por la Aunap. Adicionalmente, se realizó una inclusión forzosa de municipios como Puerto Inírida ya que aunque no aparece en la base de datos suministrada por la Aunap, se tomaron muestras de mota durante el Plan de monitoreo de residuos de mercurio en Bagre y bocachico.

Tabla 1. Cantidad de pescado mota capturado en el año 2013.

Municipio/Puerto	Cuenca	Peso kg	% Peso	# Muestras
Puerto López	Orinoquía	549	0,4	0
Leticia	Amazonía	139.635	97,9	211
Puerto Carreño	Orinoquía	2.406	1,7	6
Total		142.590	100	217

Variables

- Nivel de mercurio
- Talla
- Peso
- Ubicación de captura
- Tiempo de captura

Fuente: Aunap, 2014

5.2 Unidades estadísticas

5.2.1 Unidad de muestreo

La unidad de muestreo es el pescado completo

5.2.2 Periodos de referencia y recolección

5.2.2.1 Periodo de referencia

El periodo de referencia de la ejecución de este plan es desde octubre de 2014 a diciembre de 2015, según la información registrada en los formatos de toma de muestras una vez diligenciados.

5.2.2.2 Periodo de recolección

La toma de las muestras se programó para ejecución en el período comprendido entre octubre de 2014 a diciembre de 2015 mediante el respectivo cronograma.

Se observa que las fechas programadas coinciden con las de ejecución para la toma de muestras.

5.2.3 Tipo de muestreo

Es un muestreo no probabilístico.

No existe técnicamente un procedimiento establecido para obtener un tamaño muestral en el caso de un muestreo no probabilístico. La mayoría de las veces el tamaño muestral se obtiene a juicio de la institución teniendo en cuenta los recursos como tiempo disponible y económico.

En el plan desarrollado se obtuvo el tamaño de la muestra con la fórmula de la proporción para un diseño muestral aleatorio simple, que corresponde a una técnica estadística para obtener un número aceptable de muestras acorde con los objetivos planteados.

Para asignación del tamaño de la muestra se empleó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{NZ^2pq}{d^2(N-1) + Z^2pq}$$

Donde:

n = tamaño de la muestra
 N = Tamaño de la Población de estudio
 p = Proporción de elementos que tienen la característica de interés
 q = Proporción de elementos que NO tienen la característica de interés (q = 1- p)
 Z = Nivel de confianza deseada
 d = error máximo tolerable

Con un nivel de confianza del 95% y una precisión del 7% se tomó una proporción del 50%, dato reportado por una ONG en Colombia, correspondiente a contaminación con mercurio en pescado mota, obteniendo finalmente 217 muestras ajustadas con un 10% por la posible no respuesta. Este 10% fue definido en la fórmula para

calcular un mayor número de muestras que se puedan deteriorar durante la ejecución del plan.

Las muestras fueron asignadas proporcionalmente al volumen de captura anual reportado por la Aunap, como se muestra en la tabla 1.

Tabla 2. Distribución y porcentaje de participación de las muestras, según lugar de toma.

Municipio	Cuenca	Número de Muestras	Porcentaje (%)
Bogotá, D.C.	Procedencia de Amazonía	30	14.5
Puerto Inírida/Guainía	Orinoquía	11	5.3
Leticia/Amazonas	Amazonía	103	49.8
Puerto Leguízamo/Putumayo	Amazonía	13	6.3
Puerto Carreño/Vichada	Orinoquía	48	23.2
Puerto Nariño	Amazonía	2	1.0
Total general		207	100

NOTA: De acuerdo a información reportada por la Aunap sobre datos de venta del pescado mota en la ciudad de Bogotá, ésta fue incluida para iniciar el muestreo. Adicionalmente, esta tabla contempla las 13 muestras de pescado mota tomadas en Puerto Leguízamo (Putumayo) que hicieron parte del plan Dulceacuícola 2014-2015.

Se observa en la tabla 2 el resumen de las muestras de pescado mota tomadas por municipio y su correspondiente porcentaje de participación en dichos muestreos.

Las muestras de pescado mota tomadas en la ciudad de Bogotá provenían de la cuenca de la Amazonía, según información suministrada por los establecimientos donde se realizó dicha actividad, situación que quedó registrada en el acta de toma de muestras respectiva.

De las 217 muestras programadas se analizaron 207 lo que corresponde al 98.1% del total de las muestras. Del total de muestras

programadas faltaron 10 muestras por tomar, debido a la disponibilidad de pesca en los puertos seleccionados.

En la tabla 3 se presenta la distribución de las muestras de acuerdo a su lugar de captura, donde se presentan 207 muestras que se sometieron a determinación de mercurio en laboratorio. Este dato corresponde al número total de muestras efectivas del plan.

Se aclara que las muestras tomadas en el departamento de Putumayo no fueron programadas, sino adicionales en el marco del plan Dulceacuícola, que incluye a los pescados bagre y bocachico.

5.3 Técnica analítica y protocolos de toma de muestras y análisis

La técnica analítica utilizada en el laboratorio del Invima para la detección de mercurio total en muestra de pescado fresco es DMA (Anali-zador Directo de Mercurio).

El límite de detección es de 0,002 (mg/kg) y el límite de cuantificación es de 0,006 (mg/kg).

6 Resultados

6.1 Ejecución del plan

Los siguientes resultados corresponden a las 207 muestras tomadas y analizadas en laboratorio nacional de referencia de Invima (Tabla 3).

El total de las 207 muestras analizadas, todas fueron positivas a la presencia de mercurio (100%) y 146 de ellas (70.5%) presentaron excedencias de este metal, según lo establecido en los parámetros definidos en la Resolución 122 de 2012 expedida por el Ministerio de Salud y Protección Social, como se aprecia en la tabla 3.

Tabla 3. Porcentaje de excedencias de mercurio en pez mota, según lugar de captura

Departamento	Municipio	Lugar de Captura	Rio	Cuenca	Muestras tomadas analizadas	Muestras con excedencias de Mercurio	Porcentaje de excedencias de Mercurio según muestras analizadas (%)	Rango de mercurio en las muestras analizadas (mg/kg)
AMAZONAS	Leticia	Puerto Pesquero	Amazonas – Brasil	Amazónica	26	22	84.6	0.45-1.89
AMAZONAS	Leticia	Puerto Pesquero	Amazonas – Perú	Amazónica	9	7	77.8	0.43-1.08
AMAZONAS	Leticia	Amazonas – Leticia	Amazonas	Amazónica	95	65	68.4	0.24-2.22
AMAZONAS	Leticia	Amazonas – Puerto Nariño	Amazonas	Amazónica	5	5	100	0.57-1.87
GUAINIA	Puerto Inírida	Puerto Pesquero	Guainía	Orinoquía	4	2	50	0.15-1.56
GUAINIA	El Paujil	Puerto Pesquero	Guainía	Orinoquía	7	7	100	0.59-1.11
VICHADA	Puerto Carreño	Puerto Pesquero	Orinoco	Orinoquía	31	14	45.2	0.13-0.69
VICHADA	Puerto Carreño	Puerto Pesquero	Meta	Orinoquía	17	11	64.7	0.28-0.85
PUTUMAYO	Puerto Leguizamó	Puerto Pesquero	Putumayo	Amazónica	13	13	100	0.96-1.94
TOTAL					207	146	70.5	0.13-2.22

De acuerdo con la tabla 3 se puede observar la proporción de muestras con excedencia por cuenca.

Teniendo en cuenta el porcentaje de excedencias de mercurio con relación al número de muestras tomadas, es posible evidenciar que en el Río Putumayo de la cuenca de la Amazonía, el 100% de las muestras presentó niveles superiores a lo establecido, seguido del río Guaina con 81.8% de excedencias, continuando con el río Amazonas con 73.3%, en cuarto lugar se encuentra el río Meta con el 64.7% y finalmente el río Orinoco con 45.1% de excedencias.

La situación de excedencias de mercurio en el pescado mota por cuenca y río se puede describir de mayor a menor de la siguiente forma:

- Excedencias de mercurio en el pescado mota en la Cuenca Amazónica (75.7%): Río Putumayo (100%) y Río Amazonas (73.3%)
- Excedencias de mercurio en el pescado mota en la Cuenca Orinoquía (57.6%): Río Meta (64.7%), río Guainía (81.8%) y río Orinoco (45.2%).

Para los resultados rechazados, es decir aquellos que superaron el límite máximo permitido establecido en la Resolución 122 de 2012 del Ministerio de Salud y Protección Social de 0.5mg/kg, se estimó la dispersión de los resultados rechazados mediante el cálculo del coeficiente de variación de los niveles de mercurio encontrados con respecto al límite máximo permitido, para determinar qué tanta es

la variabilidad con respecto a este límite. Los tres ríos que presentan mayor variabilidad son: el río putumayo (185.71%) con valores entre 0.96 y 1.94 mg/kg, seguido por el río guaina (155.242%) con valores entre 0.79 y 1.56 mg/kg y el río Amazonas (130.34%) con valores entre 0.57 y 1.87 mg/kg, como se presenta en la Tabla 4. Los ríos tres ríos que presenta menor variabilidad son: el río Orinoco del lado de puerto Carreño (25.98%) con valores entre 0.55 y 0.69 mg/kg, seguido por el río Meta (45.49%) con valores entre 0.52 y 0.85 mg/kg y el río Orinoco del lado de El Paujil (73.7%) con valores entre 0.59 y 1.11 mg/kg.

Tabla 4 Dispersión de los resultados rechazados respecto al límite máximo permitido para mercurio total en muestras de pez mota

Departamento	Municipio	Lugar de Captura	Río	Muestras tomadas rechazadas	Desviación Estándar ⁴ (mg/kg)	Coefficiente de Variación ⁵ (%)
AMAZONAS	Leticia	Puerto Pesquero	Amazonas – Brasil	22	0.61	121.41
AMAZONAS	Leticia	Puerto Pesquero	Amazonas – Perú	7	0.37	73.32
AMAZONAS	Leticia	Amazonas – Leticia	Amazonas	65	0.57	113.76
AMAZONAS	Leticia	Amazonas – Puerto Nariño	Amazonas	5	0.65	130.34
GUAINIA	Puerto Inírida	Puerto Pesquero	Guainía	2	0.78	155.42
GUAINIA	El Paujil	Puerto Pesquero	Orinoco	7	0.36	73.70
VICHADA	Puerto Carreño	Puerto Pesquero	Orinoco	14	0.13	25.98
VICHADA	Puerto Carreño	Puerto Pesquero	Meta	11	0.22	45.49
PUTUMAYO	Puerto Leguízamo	Puerto Pesquero	Putumayo	13	0.93	185.71
TOTAL				146	0,56	113.68

6.2 Relación peso con la concentración de mercurio

Se evaluó el peso de los pescados seleccionados en el plan de muestreo con respecto a las concentraciones de mercurio halladas.

En la gráfica 2 se presenta el diagrama de dispersión para evaluar la asociación entre el peso de los pescados muestreados y los niveles de mercurio encontrados al análisis en laboratorio. Al evaluar esta relación se observa que la relación es débil entre los niveles de

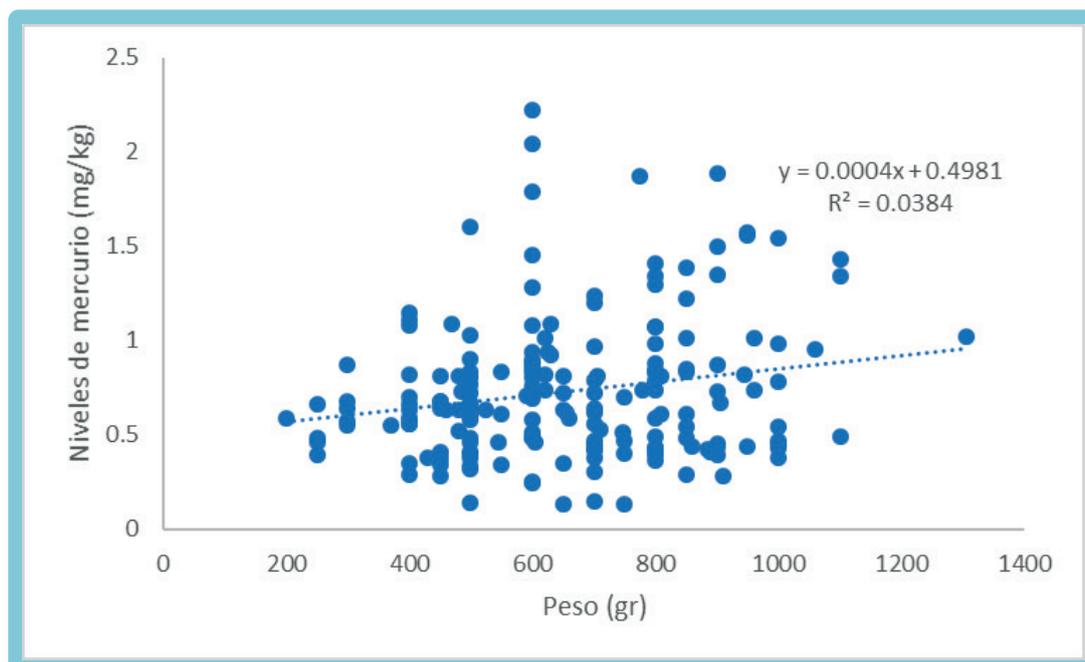
mercurio encontrados y el peso de los pescados, lo que es corroborado con el dato del coeficiente de correlación de Pearson que corresponde a 0.20 el cual resulta ser significativo⁶ ($t=2.76$, $df=192$, $p=0.0061$). Este cálculo se realizó sobre 194 muestras tomadas a excepción de las muestreadas en Puerto Leguízamo, debido a que la Entidad Territorial de Salud no registró esta información en el acta de toma de muestra.

4. Se calcula la desviación con respecto al límite máximo permitido.

5. El coeficiente se calcula con la desviación respecto al límite máximo permitido, siendo el parámetro de localización el límite máximo permitido de 0.5 mg/kg.

6. Para determinar la significancia se realiza una prueba de hipótesis en el cual se desea determinar si la correlación es nula vs. si la correlación es diferente de cero.

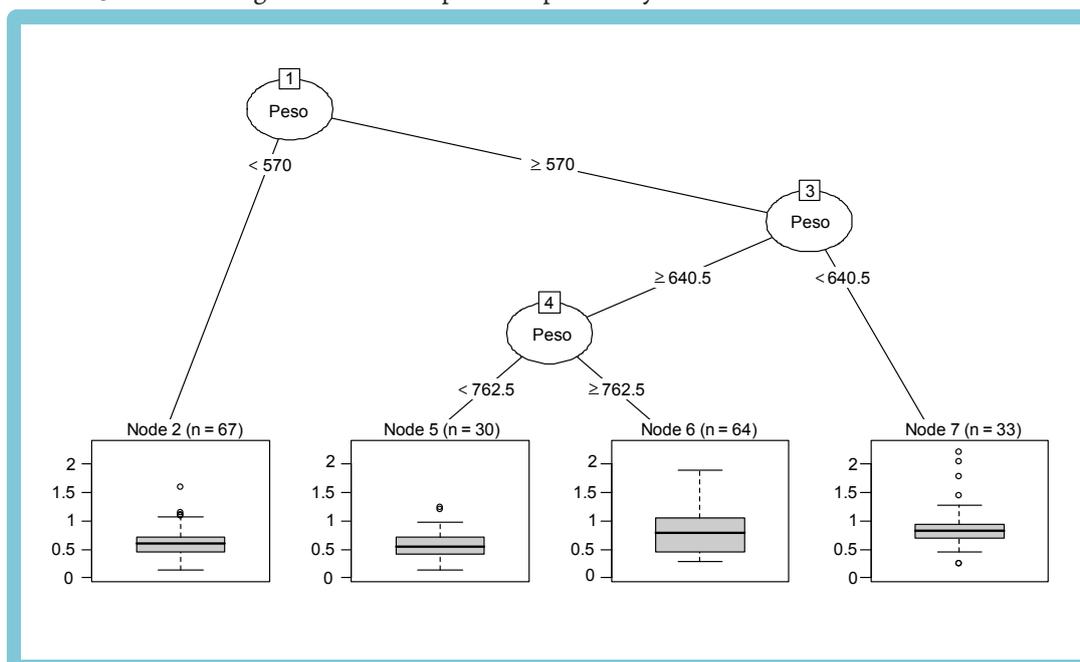
Gráfico 2. Asociación entre el peso del pescado y los niveles de mercurio.



Al ajustar un modelo de regresión lineal de manera exploratoria, para intentar explicar la relación, se nota que el modelo solo explicaría el 3% de la variabilidad presente en los niveles de mercurio, lo cual es muy bajo. Al evaluar este modelo se observa que no hay una relación entre el peso y los niveles de mercurio ($P=0.006$). Sin embargo, al leer el modelo de regresión, si un pescado presentara

un peso cercano a cero el promedio de los niveles de mercurio estaría alrededor de 0.5 mg/kg lo cual es una señal de alerta ya que este es el nivel máximo permitido, anexo por cada gramo en el que aumenta el peso de un pescado, el nivel de mercurio aumenta en 0.0004mg/kg.

Gráfico 3. Árbol de regresión entre el peso del pescado y los niveles de mercurio.



Al realizar un árbol de regresión⁷ para establecer cómo se relacionan el peso con los niveles de mercurio (Gráfica 3), se encuentran los siguientes:

- Si el peso de un pescado es inferior de 570gr, se estima que los niveles de mercurio puedan tener un promedio de 0.623 mg/kg.
- Si el peso de un pescado está entre 570gr y menos de 640gr, se estima que los niveles de mercurio pueden tener un promedio de 0.892 mg/kg.
- Si el peso de un pescado está entre 640gr y menos de 762gr, se estima que los niveles de mercurio pueden tener un promedio de 0.572 mg/kg.

- Si el peso de un pescado es superior o igual de 762.5gr, se estima que los niveles de mercurio pueden tener un promedio de 0.831 mg/kg.

El modelo se estable con $MAPE=54.6\%$ ⁸ y un $RMSE=0.354$ ⁹. De lo anterior, se puede que no hay relación entre el peso del pescado y los niveles de mercurio. Más aún, no es posible establecer que hay un límite que permita indicar a partir de que peso un pescado puede exceder los límites regulados. Sin embargo, es de notar que en los intervalos propuestos en el árbol de regresión las estimaciones de los niveles de Mercurio son superiores de límite máximo permitido.

6.3 Comparación de los resultados por excedencias

Al realizar una prueba de hipótesis de proporciones entre las excedencias entre los diferentes de la tabla 4, se obtiene que existen diferencias significativas entre las proporciones ($\chi^2=18.104$, $P=0.005$). En la tabla 5, se puede evidenciar las comparaciones múltiples de cada una de las pruebas de proporciones. Allí se observa lo siguiente:

- Las excedencias más altas y significativamente iguales son para el río Amazonas en el municipio de Puerto Nariño (100%), el río Guaviare en la cuenca de la Orinoquía en el municipio de Puerto Punjil (100%), el río Putumayo en el municipio de Puerto Leguizamo (100%) y el río Amazonas en el municipio de Leticia del lado de Brasil.

- Por otro lado, las excedencias más bajas y significativamente iguales son para el río Orinoco en el municipio de Puerto Carreño (45.2%) y el río Guaviare en el Puerto pesquero de Inírida (50%).

Nótese que los niveles de mercurio para todas muestras tomadas superan más del 45.2% del límite máximo de residuos reglamentado en cualquiera de los ríos o municipios donde se tomaron las muestras por lo cual se deben establecer medidas de intervención para mitigar el riesgo por el consumo del producto.

7. Un árbol de regresión es una alternativa para establecer un modelo cuando se desconoce la relación entre dos variables. Este método no paramétrico es muy utilizado cuando los supuestos de un modelo de regresión no se cumplen (5).

8. MAPE: Error Porcentual Absoluto Medio (Mean Absolute Percentage Error). Mide el tamaño de las diferencias entre lo observado y lo esperado en términos porcentuales. Entre más cercano a cero, mejores predicciones del modelo.

9. RMSE: Error de la Raíz Cuadrada Media (Root Mean Square Error). Mide las diferencias entre lo observado y lo estimado. Entre más cercano a cero, mejor ajuste del modelo.

10. Una prueba de hipótesis entre proporciones permite determinar si todas las proporciones son iguales vs si al menos una de las proporciones es diferente. Dado que se están comparando varias proporciones se implementa un ajuste de Bonferroni para realizar las respectivas comparaciones (6).

Tabla 5 Comparaciones múltiples de las proporciones de excedencias de mercurio en las muestras tomadas del pez Mota

Departamento	Municipio	Río	Cuenca	Porcentaje de excedencias de Mercurio según muestras analizadas (%)	Comparaciones múltiples ¹¹
Amazonas	Puerto Nariño	Amazonas	Amazónica	100	A
Guainía	Puerto del pujil	Guaviare	Orinoquía	100	A
Putumayo	Puerto Leguizamo	Putumayo	Amazónica	100	A
Amazonas	Leticia - Brasil	Amazonas	Amazónica	84.6	AB
Amazonas	Leticia - Perú	Amazonas	Amazónica	77.8	BC
Amazonas	Leticia	Amazonas	Amazónica	68.4	C
Vichada	Puerto Carreño	Meta	Orinoquía	64.7	C
Guainía	Puerto pesquero Inírida	Guaviare	Orinoquía	50.0	CD
Vichada	Puerto Carreño	Orinoco	Orinoquía	45.2	D

6.4 Comparación de los niveles de mercurio según los ríos donde se tomaron las muestras

La tabla 6, se puede observar las estadísticas descriptivas de las muestras tomadas en cada río. Realizando una prueba de normalidad, se aprecia que no todas las muestras tienden a ser normales, por lo cual se propone realizar una comparación de Kruskal-Wallis (7), para comparar las medianas de los resultados de Mercurio en cada una de las muestras de los ríos¹².

Tabla 6 Estadísticas descriptivas de las muestras tomadas en cada río

Ríos	Muestras	Promedio	Desviación Estándar	Mediana	Mínimo	Máximo	Rango	Coefficiente de Asimetría	Coefficiente de Curtosis	Coefficiente de Variación	p-valor Normalidad ¹³	Conclusión
Amazonas	135	0.8	0.39	0.74	0.24	2.22	1.98	1.17	1.36	0.49	0.00	No son normales
Guaviare	11	0.78	0.38	0.7	0.15	1.56	1.41	0.42	-0.44	0.49	0.82	Normales
Meta	17	0.59	0.19	0.59	0.28	0.85	0.57	-0.09	-1.35	0.32	0.28	Normales
Orinoco	31	0.47	0.16	0.47	0.13	0.69	0.56	-0.58	-0.57	0.34	0.03	No son normales
Putumayo	13	1.38	0.32	1.29	0.96	1.94	0.98	0.38	-1.34	0.23	0.30	Normales
Total	207	0.77	0.4	0.68	0.13	2.22	2.09	1.14	1.16	0.52	0.00	No son normales

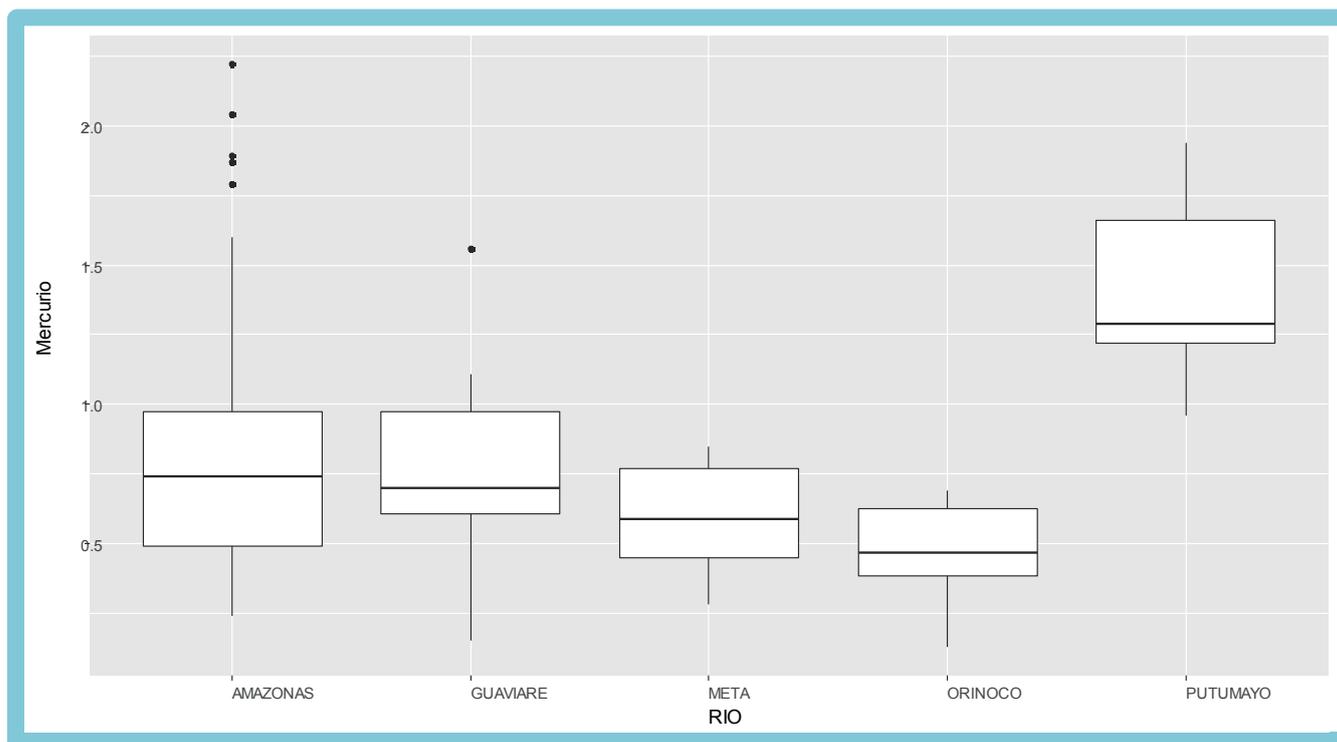
11. Las comparaciones múltiples se implementan para determinar en donde se encuentran las diferencias entre las proporciones. Letras diferentes implican diferencias significativas entre proporciones. Cabe aclarar que las pruebas se hacen a pares y se aplica un ajuste de bonferroni.

12. La prueba de Kruskal-Wallis, es una prueba no paramétrica la cual se asemeja a al Análisis de Varianza (ANOVA) para comparar medias. A diferencia del ANOVA la prueba de Kruskal-Wallis, no asume normalidad en los datos y es útil para esta comparación.

13. La prueba de normalidad que se aplico fue la prueba de Shapiro Wilk (8). Para realizar esta prueba se debe tener como mínimo 3 observaciones.

Al realizar la prueba se encuentran diferencias significativas entre las medianas ($\chi^2=49.414$, $df=4$, $P=0.00$). Comparando los gráficos de box-plot, se observa que 50% de las muestras del río Putumayo están por encima de 1.29mg/kg (Gráfico 4). También es posible observar que en casi todas las muestras tomadas en los diferentes ríos las medianas están por encima de 0.5mg/kg. Al comparar la mediana de todas las muestras con respecto al valor de 0.5mg/kg realizando una prueba de Wilcoxon¹⁴ se nota que hay diferencias significativas ($V=18174500$, $P=0.00$), el 50% de todas las muestras están por encima de 0.68mg/kg.

Gráfico 4. Comparación de los niveles de mercurio de las muestras tomadas en cada río.



14. La prueba de Wilcoxon, es una prueba no paramétrica la cual permite comparar la mediana de una muestra con respecto a un valor específico (7).

7 Conclusiones

La totalidad de las muestras de pescado mota que fueron objeto de la determinación de mercurio durante el periodo del estudio provienen de las cuencas Amazónica y Orinoquía. De acuerdo con la información suministrada por la Aunap – Autoridad Nacional de Pesca esta especie de pescado se encuentra mayormente en estas cuencas.

Los resultados del plan de vigilancia de mercurio en el pescado mota fueron obtenidos a partir de un estudio descriptivo y exploratorio que permite evidenciar una situación que podría generar un riesgo a la salud del consumidor.

El 100% de las muestras analizadas en el Laboratorio Físicoquímico de Alimentos y Bebidas del Invima, presentó niveles de mercurio por encima del límite de detección de la técnica analítica (0.002 mg/Kg); en las 207 muestras de pescado mota, simí o piracatinga (*Calophysus macropterus*) analizadas, 146 muestras (70.5%) superaron los niveles de mercurio permitidos (0.5 mg/kg) en la Resolución 122 de 2012 expedida por el Ministerio de Salud y Protección Social y 61 muestras presentan contenidos de mercurio que cumplen con el nivel máximo, sin embargo los valores obtenidos (oscilan entre 0.13 y 0.49 mg/kg), los cuales marcan una tendencia de la concentración de mercurio muy cercana al nivel máximo establecido.

Es posible establecer que los niveles de concentración de mercurio dependen de la cuenca de la cual proviene el pescado, sin embargo en todas donde fue muestreado presenta excedencias acorde a la normatividad sanitaria vigente.

No hay relación entre el peso y los niveles de mercurio en las muestras. Sin embargo, tomando como referencia el modelo de regresión lineal entre el peso del pescado y la concentración de mercurio de manera exploratoria es posible establecer que un

pescado con un peso cercano a cero, el promedio de los niveles de mercurio estaría alrededor de 0.5 mg/kg lo cual es una señal de alerta ya que este es el nivel máximo permitido, anexo por cada gramo en el que aumenta el peso de un pescado, el nivel de mercurio aumenta en 0.0004mg/kg.

Al comparar los resultados con excedencias es posible inferir que las más altas y significativamente iguales son para el río Amazonas en el municipio de Puerto Nariño (100%), el río Guaviare en la cuenca de la Orinoquía en el municipio de Puerto Punjil (100%), el río Putumayo en el municipio de Puerto Leguizamo (100%) y el río Amazonas en el municipio de Leticia del lado de Brasil, así mismo las más bajas y significativamente iguales son para el río Orinoco en el municipio de Puerto Carreño (45.2%) y el río Guaviare en el Puerto pesquero de Inírida (50%).

Es posible observar que en casi todas las muestras tomadas en los diferentes ríos las medianas están por encima de 0.5mg/kg y el 50% de todas las muestras están por encima de 0.68mg/kg, así mismo el 50% de las muestras del río Putumayo están por encima de 1.29mg/kg.

Dos muestras de pescado Mota capturados en junio de 2015 en el río Amazonas (Cuenca Amazónica), presentaron concentraciones elevadas de mercurio superando por más de 4 veces el nivel máximo permitido en la reglamentación sanitaria colombiana. (2.22 y 2.04 mg/kg).

Los resultados obtenidos por el Invima en el presente estudio son similares a los obtenidos por la Fundación Omacha en estudio realizado durante el año 2014, en los que la mayoría de las muestras presentan niveles de mercurio por encima de los máximos permitidos en la regulación.

8 Recomendaciones

De acuerdo con los resultados obtenidos sobre presencia y excedencias de mercurio total en el pescado mota, en el plan de muestreo 2015, ejecutado entre octubre 2014 y diciembre de 2015, el Invima recomienda tomar las siguientes medidas con el fin de evaluar y reducir los riesgos asociados al consumo de mercurio y evitar daños a la salud de la población colombiana:

- Solicitar al Instituto Nacional de Salud (INS) a través del Grupo Evaluación de Riesgos de Inocuidad de Alimentos ERIA un estudio de evaluación de riesgos para este producto y con base en los resultados precisar las acciones interinstitucionales particulares a desarrollar, incluyendo recomendaciones de consumo, educación sanitaria, etc. Una vez se cuente con esta información se procederá de manera conjunta a informar a la comunidad sobre los riesgos para la salud que se derivan por el consumo de este producto.
- Informar a la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (Aunap) sobre los resultados encontrados en la ejecución de este plan y solicitar que adelanten las acciones que correspondan en relación con la situación de pesca de esta especie en las Cuencas Amazónica y Orinoquía y comercialización del pescado mota en Colombia.
- Solicitar al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y a las Corporaciones Autónomas Regionales de la Orinoquía y de la Amazonía adelantar acciones de intervención que conduzcan a la reducción de la contaminación ambiental de mercurio.
- Involucrar a las Entidades Territoriales de Salud, en las acciones de intervención que defina el gobierno nacional sobre la comercialización del pescado mota para consumo humano.
- Continuar con las mesas de trabajo nacionales conformadas por instituciones del sector salud, ambiental, energético y minero encaminadas a la reducción de la contaminación con mercurio en el medio ambiente y en los alimentos.
- Continuar el fortalecimiento de las acciones de vigilancia y control realizadas por el Invima mediante la formulación y ejecución de planes nacionales subsectoriales de vigilancia y control en otras especies acuícolas comercializadas para consumo humano en Colombia.

9 Bibliografía

1. Hollander M, Wolfe DA. *Nonparametric Statistical Methods* New York: John Wiley & Sons; 1973.
2. Figueroa NA. Mercurio y metilmercurio. Capítulo 11. Organización Panamericana de la Salud. BVSDE. Biblioteca Virtual de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental. [Online].; 1990 [cited 2014 Agosto 27. Available from: HYPERLINK "<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/eco/016750/016750-mercurio.pdf>" <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/eco/016750/016750-mercurio.pdf> .
3. PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). Evaluación Mundial Sobre el Mercurio. Publicado por el PNUMA Productos Químicos. Ginebra, Suiza. [Online].; 2002 [cited 2014 Mayo 27. Available from: HYPERLINK "<http://www.chem.unep.ch/mercury/GMA%20in-%20F%20and%20S/final-assessmentreport-Nov05-Spanish.pdf>" <http://www.chem.unep.ch/mercury/GMA%20in-%20F%20and%20S/final-assessmentreport-Nov05-Spanish.pdf> .
4. Salinas C, Cubillos JC, Gómez R, Trujillo F,CS. "Pig in a poke (gato por liebre)": the "mota" (*Calophysus macropterus*) fishery, molecular evidence of commercialization in Colombia and toxicological analyses. *International Association for Ecology and Health*. 2014 Junio; 11(2).
5. Fundación Omacha. Impactos de las pesquerías de *calophysus macropterus* un riesgo para la salud pública y la conservación de los delfines de río en Colombia. *Revista Momentos de Ciencia*. 2015 Julio; 12(2).
6. Díaz JF, Correa JC. Comparación entre árboles de regresión CART y regresión lineal. *Comunicaciones en Estadística*. 2013 Diciembre; 6(2).
7. Newcombe RG. Interval Estimation for the Difference Between Independent Proportions: Comparison of Eleven Methods. *Statistics in Medicine*. 1998 Apr; 30(17).
8. Shapiro S, MB. W. An analysis of variance test for normality. *Biometrika*. 1965 Diciembre; 52(3/4).



inVimö
Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos.

**PROTEGEMOS
LO ESENCIAL
PARA CUIDAR TU VIDA**

