

INFORME DE RESULTADOS DEL PLAN NACIONAL SUBSECTORIAL DE VIGILANCIA Y
CONTROL DE CONTAMINANTES QUÍMICOS
EN PESCADOS BOCACHICO Y BAGRE
DULCEACUÍCOLA

Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos - Invima
CICLOS 2014 – 2015 y 2016

Dirección de Alimentos y Bebidas
2018



GOBIERNO
DE COLOMBIA



MINSALUD

invima
Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos

CONTENIDO

• Resumen Ejecutivo	Pág. 3
• Introducción	Pág. 4
• Objetivos	Pág. 5
• Contexto	Pág. 5
• Marco Legal de Referencia	Pág. 6
• Metodología de Muestreo	Pág. 7
▶ Universo poblacional	
▶ Criterios de Exclusión	
▶ Tipo de muestreo y tamaño muestral, lugar y frecuencia del mismo	
▶ Unidad de Observancia Estadística	
▶ Técnica analítica	
• Resultados	Pág. 9
▶ Ejecución del plan 2014-2015 bocachico	
▶ Ejecución del plan 2014-2015 bagre	
▶ Ejecución del plan 2016 Bocachico	
▶ Comparación de resultados de los planes 2014-2015 y 2016.	
▶ Comparación entre proporciones de las excedencias de mercurio por plan	
▶ Comparación de las excedencias de mercurio por cuencas hidrográficas	
▶ Resultados PCB Plan 2016	
• Conclusiones	Pág. 16
• Bibliografía	Pág. 17

RESUMEN EJECUTIVO

Desde el año 2013 el Invima ha venido formulando y ejecutando planes de muestreo para la determinación de mercurio en productos de la pesca que se comercializan en Colombia y son destinados al consumo humano. Esto con el fin de verificar el cumplimiento de los niveles máximos de este metal pesado establecidos en la Resolución 122 de 2012 del Ministerio de Salud y Protección Social.

Entre octubre de 2014 y diciembre de 2015 el Invima adelantó el programa de análisis de mercurio en bocachico y bagre en las cuencas de los ríos Magdalena, Orinoco, Sinú, Atrato y Amazonas, con apoyo de las Entidades Territoriales de Salud Municipales o Departamentales.

En 2016 el monitoreo del mercurio se amplió a la identificación de Bifenilos Policlorados - PCB, mediante la suscripción de un convenio interadministrativo con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

El presente informe incluye los resultados de estos planes 2014-2015 y 2016.

Principales Hallazgos

- Un alto porcentaje de las muestras de bagre incluidas en los planes de muestreo correspondientes a este reporte presentaron concentraciones de mercurio superiores al nivel máximo permitido en la normativa colombiana (41% o 34/82 muestras en 2014-2015 y 53% o 56/105 muestras en 2016). Estas cifras contrastan con el bajo porcentaje de excedencias evidenciadas en muestras de bocachico en el mismo periodo (2% o 3/175 muestras en 2014-2015 y 5% o 5/107 muestras en 2016). Estas diferencias son esperadas teniendo en cuenta que es más fácil que especies depredadoras y carroñeras como el bagre, acumulen mayor cantidad de mercurio en comparación del bocachico, que su alimentación está basada en la vegetación acuática en descomposición.
- La cuenca hidrográfica del río Amazonas es la que presenta un mayor número de excedencias de mercurio para bagre: 48% en el primer periodo (2014-2015) y 61% en el segundo periodo (2016), seguida de la cuenca del río Magdalena, en donde las excedencias de mercurio en el primer periodo (2014-2015) fueron de 35% y en el segundo (2016) de 49%.
- Para PBC tanto en pescado bagre como bocachico incluidos en el plan 2016, los resultados son favorables debido a que no se obtuvieron valores cuantificables en ninguna de las muestras analizadas.
- Las diferencias entre los niveles de mercurio encontrados en las cuencas hidrográficas, es un indicativo de que la presencia de este contaminante químico puede estar asociada tanto a la naturaleza de las especies como a la posible contaminación antropogénica.

INTRODUCCIÓN

El Mercurio es un contaminante de origen químico que se encuentra en el ambiente de diferentes formas, como mercurio elemental o metálico, iónico o inorgánico. Éste último, presente como compuesto complejo en solución y el mercurio orgánico en forma de metilmercurio, es el de mayor importancia en salud pública por su toxicidad (1).

El mercurio elemental es un líquido que se evapora fácilmente y puede permanecer hasta un año en la atmósfera o ecosistemas acuáticos, donde puede ser transportado y depositado lejos de la fuente emisora. Una vez el mercurio se encuentra en los ecosistemas acuáticos y en presencia de oxígeno, se puede ionizar, oxidar y transformar en mercurio ionizado (Hg^{2+}), formando una variedad de compuestos como el mercurio metálico, por actividad de bacterias del género *Pseudomonas*. En aguas continentales el Hg^{2+} se convierte en metilmercurio ($\text{CH}_3\text{-Hg}^{1+}$) y dimetilmercurio ($\text{CH}_3\text{-Hg-CH}_3$). La metilación del metilmercurio puede ocurrir tanto por vías aerobia como anaerobia a través de bacterias metanogénicas (2).

Cuando el metilmercurio está libre en el agua, tiene la capacidad de atravesar las membranas biológicas, incorporándose con facilidad a las cadenas tróficas acuáticas. Sus características liposolubles y su afinidad por los grupos sulfhídricos de las proteínas hacen que esta sustancia sea peligrosa para los seres vivos (2).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), las personas pueden estar expuestas a cualquiera de las formas de mercurio en diversas circunstancias y dos de las principales vías de exposición son el consumo de pescados y mariscos contaminados con metilmercurio y la inhalación por vapores de mercurio elemental desprendidos en procesos industriales.

Se ha confirmado que este elemento en concentraciones elevadas es neurotóxico, especialmente para el sistema nervioso en desarrollo y en las primeras etapas de vida (3). Por otra parte, los Bifenilos policlorados, (PCB por sus siglas en inglés), son un grupo de sustancias químicas sintéticas que se utilizan en una amplia gama de productos, como aparatos eléctricos, revestimientos de superficies, tintas, adhesivos y pinturas.

Cerca del 10% de los PCB fabricados desde el año de 1929 siguen presentes en el medio ambiente, pero su manufactura y utilización está prohibida o sometida a restricciones

importantes en muchos países, debido a su posible impacto sobre la salud y el medio ambiente. (4)

Los PCB son por lo general muy estables y pueden liberarse al medio ambiente, por ejemplo, al incinerar o almacenar en vertederos residuos que los contienen; son muy solubles en grasas y sustancias análogas, lo que explica su capacidad para acumularse en la grasa animal y a lo largo de la cadena alimentaria.

Las personas están expuestas a los PCB principalmente a través del aire, agua potable y consumo de alimentos contaminados como carne, pescado y aves de corral.

En los humanos los PCB tienen efectos adversos en la fecundidad, desarrollo infantil, sistema inmunológico y es posible que también influya en el riesgo de padecer determinados tipos de cáncer del grupo I, según el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (IARC por sus siglas en inglés, International Agency for Research on Cancer).

Conforme la Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia (ENSIN)(5), el promedio de consumo de pescado es de 95.1 g/individuo/día, lo que posiciona a este alimento como el número 32 de los de mayor consumo en el país.

Teniendo en cuenta que el consumo de pescado contaminado con mercurio es un factor de riesgo para la salud, el Invima como autoridad sanitaria, atendiendo a sus funciones de vigilancia de alimentos, desarrolló el plan para el análisis de mercurio en pescado dulceacuícolas, cuyos resultados van a permitir establecer el estado sanitario en materia de dicho contaminante químico, especialmente en las especies bagre y bocachico presentes en las cuencas de los ríos Amazonas, Atrato, Orinoco y Magdalena.

Este plan facilita además la verificación del cumplimiento de lo establecido en la Resolución 122 de 2012 expedida por el Ministerio de Salud y Protección Social (artículo 4 - Tabla 3)¹, que contempla los niveles máximos de metales pesados que podrían estar presentes en los productos de la pesca para consumo humano (armonizada con la norma Codex Stan 193 – 1995 del Codex Alimentarius) y que para el Mercurio Hg es de 0,5 (mg/kg peso fresco). (6)

1. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-0122-de-2012.pdf>

OBJETIVOS

Objetivo General

Verificar el cumplimiento de la normatividad vigente relacionada con el contenido de mercurio y de PCB en pescados de agua dulce (bagre y bocachico) destinados al consumo humano, provenientes de las cuencas de los ríos Amazonas, Atrato, Orinoco y Magdalena.

Objetivos Específicos

- ▶ Cuantificar la presencia de mercurio y PCB en las muestras de pescados bagre y bocachico monitoreadas.
- ▶ Proponer e implementar acciones correctivas para mitigar el riesgo asociado frente a la exposición a mercurio y PCB por el consumo de pescados dulceacuícolas (bagre y bocachico).

CONTEXTO

El Invima ha venido formulando, ejecutando y evaluando planes de muestreos desde el año 2013, para la determinación de mercurio total en productos de la pesca, frescos y enlatados, que se comercializan en el territorio nacional destinados al consumo humano.

Durante el período de octubre de 2014 a diciembre de 2015 se adelantó el programa de análisis de mercurio en bocachico y bagre, partiendo de volúmenes de captura pesquera y desembarques de pesca continental expresados en toneladas entre 2006 y 2009, de las cuencas de los ríos Magdalena, Orinoco, Sinú, Atrato y Amazonas, reportados por la Corporación Colombia Internacional y el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

El muestreo se ejecutó por parte de las Entidades Territoriales de Salud Municipales o Departamentales con el apoyo del Invima. El cronograma definido por el Invima tuvo en cuenta los periodos de vedas de pesca.

Los resultados del plan en el ciclo 2014-2015 fueron presentados en el segundo semestre de 2016 al Grupo

Técnico de Trabajo en Residuos Químicos de la Comisión de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias que lidera el Departamento Nacional de Planeación y la Autoridad Nacional de Pesca y Acuicultura - Aunap -.

Con el fin de ampliar el espectro de los contaminantes de origen químico en este plan, el Invima continuó en el año 2016 con el monitoreo del mercurio y adicionó el análisis de Bifenilos Policlorados - PCB, mediante la suscripción de un convenio interadministrativo con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Este Ministerio contrató, para la determinación de PCB en pescados dulceacuícolas, al Laboratorio de Cromatografía y Espectrometría de Masas de la Universidad Industrial de Santander ubicado en la ciudad de Bucaramanga.

El presente informe incluye los resultados de los planes Dulceacuícola 2014-2015 y 2016.

MARCO LEGAL DE REFERENCIA

El marco legal sanitario que sirvió de base para adelantar los dos planes (2014-2015 y 2016), se relaciona a continuación:

- ▶ Constitución Política de Colombia – 1991- Artículo 78: Dispone que serán responsables, de acuerdo con la ley, quienes en la producción y en la comercialización de bienes y servicios, atenten contra la salud, la seguridad y el adecuado aprovisionamiento a consumidores y usuario.
- ▶ Ley 9 de 1979 por la cual se dictan medidas sanitarias - Título V – Alimentos
- ▶ CODEX STAN 193-1995 - Norma General del Codex para los Contaminantes y las Toxinas presentes en los Alimentos y Piensos
- ▶ CAC/RCP 62-2006 - Código de Prácticas para prevenir y reducir la Contaminación de los Alimentos y Piensos con Dioxinas y Bifenilos Policlorados (Bpc) Análogos a las Dioxinas
- ▶ Resolución 0222 de 2011 expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible "Por la cual se establecen requisitos para la gestión ambiental integral de equipos y desechos que consisten, contienen o están contaminados con Bifenilos Policlorados (PCB)"
- ▶ Resolución 122 de 2012 expedida por el Ministerio de Salud y Protección Social por la cual se modifica parcialmente la resolución número 776 de 2008 – Establece el reglamento técnico a través del cual se

señalan los requisitos fisicoquímicos, microbiológicos y de algunos contaminantes químicos que deben cumplir los productos de la pesca, en particular pescados, moluscos y crustáceos frescos, congelados, ultracongelados, precocidos, pasteurizados, cocidos y en conserva, destinados para consumo humano que se fabriquen, procesen, preparen, envasen, transporten, expendan, importen, exporten, almacenen, distribuyan y comercialicen en el territorio nacional, con el fin de proteger la vida, la salud y la seguridad humana y prevenir las prácticas que puedan inducir a error o engaño al consumidor."

- ▶ Resolución 770 de 2014 expedida por los Ministerios de Agricultura y Desarrollo Rural y de Salud y Protección Social "Por la cual se establecen las directrices para la formulación, ejecución, seguimiento y evaluación de los Planes Nacionales Subsectoriales de Vigilancia y Control de Residuos en Alimentos y se dictan otras disposiciones".
- ▶ Proyecto COL/84851-71268 "Desarrollo de la capacidad para la gestión y eliminación ambientalmente adecuada de los PCB" – Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- ▶ Convenio Interadministrativo No. 104 de 2016 suscrito entre el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADS y el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos – Invima, para el desarrollo de actividades en el marco de un programa de monitoreo de bifenilos policlorados (PCB) en peces dulceacuícolas.

METODOLOGÍA DE MUESTREO

Universo poblacional

Plan 2014 – 2015

El universo está conformado por el pescado fresco capturado y desembarcado por cuenca hidrográfica, de acuerdo con la información reportada por la Corporación Colombia Internacional y el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural en el año 2009.

Se escogieron las cuencas que tenían mayores volúmenes de captura en el período de 2006 a 2009, según los datos del "Informe Técnico Regional Cuencas del Magdalena, Sinú y Atrato" (7) y el "Informe Técnico Regional Cuencas del Orinoco y Amazonas" (8).

Plan 2016

El universo está conformado por el pescado fresco capturado y desembarcado por cuenca hidrográfica. Para el plan 2016 se tuvieron en cuenta los informes sobre capturas desembarcadas del Servicio Estadístico Pesquero Colombiano –SEPEC–, herramienta principal de la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (9), específicamente el volumen de desembarco de pesca para el ambiente dulceacuícola del tipo de pesquería artesanal para las especies de pescado bagre y bocachico.

Los datos corresponden a las cuencas hidrográficas de mayor volumen de desembarcos durante el año 2015 que son Magdalena, Orinoquía, Atrato y Amazonía. (9)

Criterios de Exclusión

Plan 2014 – 2015

Se excluyeron del estudio otros pescados diferentes a bagre y bocachico, cuyos volúmenes de captura fueron inferiores o no se encontraron dentro de las 4 cuencas hidrográficas escogidas para el plan.

Lo anterior para descartar cuencas donde los volúmenes de desembarco eran menores y no permitían una asignación proporcional del total del muestreo.

Plan 2016

Se excluyeron del plan otras especies de pescados cuyos volúmenes de captura eran inferiores o no se encontraron dentro de las cuatro (4) cuencas hidrográficas seleccionadas y otras donde los desembarcos eran menores y no permitían una asignación proporcional del total del muestreo.

Tipo de muestreo y tamaño muestral, lugar y frecuencia del mismo

Plan 2014 – 2015

Se realizó un muestreo no probabilístico por cuotas. Teniendo en cuenta la capacidad del laboratorio fisicoquímico de alimentos y bebidas del Invima se proyectó analizar un total de 277 muestras para tomar en 11 municipios, distribuidas de manera proporcional al volumen de desembarcos por cada cuenca (Tabla 1).

Las muestras fueron tomadas por las Entidades Territoriales de Salud Departamentales o Municipales con el apoyo del Invima durante 15 meses (octubre de 2014 a diciembre de 2015).

Tabla 1 Distribución de muestras por cuenca hidrográfica plan 2014-2015

Cuenca	Departamento	Muestras de bagre	Muestras de bocachico	Total muestras
Magdalena	Atlántico	8	25	33
	Sucre	2	16	18
	Bolívar	4	18	22
	Santander	8	27	35
	Huila	10	25	35
	Caldas	7	21	28
Atrato	Antioquia		21	21
	Chocó		26	26
Amazonía	Amazonas	27		27
	Putumayo	26		26
Orinoquía	Meta	2	4	6
Total		94	183	277

Plan 2016

Se realizó un muestreo no probabilístico por cuotas. Teniendo en cuenta la capacidad del laboratorio fisicoquímico de alimentos y bebidas del Invima, se proyectó analizar un total de 211 muestras para tomar en 12 municipios, distribuidas de manera proporcional al volumen de desembarcos por cada cuenca (Tabla 2)

La toma de muestras fue realizada por las Entidades Territoriales de Salud departamentales y Municipales de forma coordinada con el Invima, entre julio y noviembre de 2016.

Tabla 2 Distribución de muestras por cuenca hidrográfica plan 2016

Cuenca	Departamento	Bagre	Bocachico	Total
Magdalena	Bolívar	13	27	40
	Sucre	1	10	11
			22	22
	Santander	8	16	24
	Antioquia	25		25
	Tolima		2	2
	Huila	1	3	4
Atrato	Caldas	5	7	12
	Chocó	1	7	8
Amazonía	Amazonas	44	11	55
	Putumayo	2	2	4
Orinoquía	Meta	2	2	4
Total		102	109	211

En relación a PCB se programó el mismo número de muestras (211), para ser analizadas en el laboratorio de Cromatografía y Espectrometría de Masas de la Universidad Industrial de Santander.

Unidad de Observancia Estadística

Plan 2014 – 2015

La unidad de observación estadística es el pescado fresco, listo para ser comercializado al público, seleccionado aleatoriamente en los desembarques. La muestra de pescado fresco fue definida en 100 gramos, las que fueron remitidas al Laboratorio Físicoquímico de Alimentos y Bebidas del Invima para el análisis de mercurio en pescado.

Plan 2016

La unidad de observación estadística fue el pescado fresco listo para ser comercializado al público, que se seleccionó aleatoriamente en los desembarcos. La muestra de pescado fresco fue definida en 200 gramos, requeridos tanto para la determinación de mercurio como de PCB.

Técnica analítica

Para el análisis de Mercurio por parte del Laboratorio Físicoquímico de Alimentos y Bebidas del Invima se utiliza la técnica de Espectrofotometría de Absorción Atómica - Analizador Directo de Mercurio.

El límite de detección de dicha técnica analítica es de 0.002 mg/kg y el límite de cuantificación de 0.006 mg/kg.

El análisis de PCB fue realizado mediante el uso de un

cromatógrafo de gases AT7890A (Agilent Technologies, Palo Alto, California, EE.UU.), acoplado a un detector selectivo de masas (AT7000B triple cuadrupolo), operado en modo MRM [monitoreo de reacción múltiple]. La columna empleada en el análisis fue DB-5MS [5%-fenil-poli (metilsiloxano), 60 m x 0,25 mm x 0.25 µm]. La inyección se realizó en modo Splitless (Viny = 2µL).

RESULTADOS

Ejecución del plan 2014-2015 bocachico:

De las 183 muestras programadas se analizaron 175 muestras tomadas en 9 municipios en igual número de departamentos, situados en 3 cuencas hidrográficas (Magdalena, Atrato y Orinoquía), alcanzando una ejecución del 95% (Tabla 3).

Tabla 3 Ejecución del plan de muestreo 2014-2015 para el pescado de la especie bocachico

Cuenca	Municipio	Departamento	No. Muestras Programadas	No. Muestras Tomadas	Porcentaje Ejecución (%)
Magdalena	Barranquilla	Atlántico	25	22	88
	La Mojana	Sucre	16	16	100
	Magangué	Bolívar	18	18	100
	Barrancabermeja	Santander	27	25	93
	Neiva	Huila	25	26	100
	La Dorada	Caldas	21	18	86
Atrato	Turbo	Antioquia	21	21	100
	Quibdó	Chocó	26	26	100
Orinoquía	Puerto López	Meta	4	3	75
Totales			183	175	95

De las 175 muestras analizadas, 3 (2%) resultaron rechazadas por encontrarse niveles de mercurio superiores a 0.5 ppm (mg/Kg) Hg.

Ejecución del plan 2014-2015 bagre:

De las 94 muestras programadas se analizaron 82 muestras, tomadas en 9 municipios en igual número de departamentos, situados en 3 cuencas hidrográficas (Magdalena, Amazonía y Orinoquía), alcanzando una ejecución del 87% (Tabla 4).

Tabla 4 Ejecución del plan 2014-2015 para el pescado de la especie bagre

Cuenca	Municipio	Departamento	No. Muestras Programadas	No. Muestras Tomadas	% Ejecución Plan
Magdalena	Barranquilla	Atlántico	8	8	100
	La Mojana	Sucre	2	3	100
	Magangué	Bolívar	4	5	100
	Barrancabermeja	Santander	8	8	100
	Neiva	Huila	10	9	90
	La Dorada	Caldas	7	7	100
Amazonía	Leticia	Amazonas	27	27	100
	Puerto Leguizamo	Putumayo	26	13	50
Orinoquía	Puerto López	Meta	2	2	100
Totales			94	82	87

Las muestras fueron tomadas por las Entidades Territoriales de Salud en todos los municipios, a excepción de La Mojana (Sucre), donde fueron recogidas por el Invima.

De las 82 muestras analizadas, 34 (41%) resultaron rechazadas por encontrarse niveles de mercurio superiores a 0.5 ppm (mg/Kg) Hg. Adicionalmente, se evidenciaron algunas muestras con concentraciones de mercurio 4 veces superiores al nivel máximo permitido.

Ejecución del plan 2016 Bocachico:

De las 109 muestras programadas se analizaron 109 muestras, tomadas en 12 municipios en igual número de departamentos, situados en 4 cuencas hidrográficas (Magdalena, Atrato, Amazonía y Orinoquía), alcanzando una ejecución del 100% (tabla 5).

Tabla 5 Ejecución del plan 2016 para el pescado de la especie bocachico

Cuenca	Municipio	Departamento	No. Muestras Programadas	No. Muestras	% Ejecución
Magdalena	Magangué	Bolívar	27	27	100%
	San Marcos	Sucre	10	10	100%
	San Benito Abad		22	23	105%
	Barrancabermeja	Santander	16	13	81%
	Nechi	Antioquia	-	-	-
	Honda	Tolima	2	2	100%
	Neiva	Huila	3	3	100%
	La Dorada	Caldas	7	7	100%
Atrato	Quibdó	Chocó	7	7	100%
Amazonía	Leticia	Amazonas	11	13	118%
	Puerto Asís	Putumayo	2	2	100%
Orinoquía	Puerto López	Meta	2	2	100%
Totales			109	110	101%

De las 109 muestras analizadas, 5 (5%) resultaron rechazadas por encontrarse niveles de mercurio superiores a 0.5 ppm (mg/Kg) Hg.

Ejecución del plan 2016 bagre:

De las 102 muestras programadas se analizaron 105 muestras, tomadas en 12 municipios en igual número de departamentos, situados en 4 cuencas hidrográficas (Magdalena, Atrato, Amazonía y Orinoquía), alcanzando una ejecución del 103% (Tabla 6).

Tabla 6 Ejecución del plan 2016 para el pescado de la especie bagre

Cuenca	Municipio	Departamento	No. Muestras programadas	No. muestras	% Ejecución
Magdalena	Magangué	Bolívar	13	13	100%
	San Marcos	Sucre	1	1	100%
	San Benito Abad		-	-	-
	Barrancabermeja	Santander	8	8	100%
	Nechi	Antioquia	25	25	100%
	Honda	Tolima	-	-	-
	Neiva	Huila	1	1	100%
	La Dorada	Caldas	5	5	100%
Atrato	Quibdó	Chocó	1	1	100%
Amazonía	Leticia	Amazonas	44	47	107%
	Puerto Asís	Putumayo	2	2	100%
Orinoquía	Puerto López	Meta	2	2	100%
Totales			102	105	103%

De las 105 muestras analizadas, 56 (53.3%) resultaron rechazadas por encontrarse niveles de mercurio superiores a 0.5 ppm (mg/Kg) Hg. Adicionalmente, se evidenciaron algunas muestras con concentraciones de mercurio 3 veces superiores al nivel máximo permitido.

Comparación de resultados de los planes 2014-2015 y 2016.

En forma consistente, altos porcentajes de las muestras de bagre muestran resultados rechazados (41% en 2015-2015 vs 53% en 2016). Ver Tabla 7.

Tabla 7 Estadísticos descriptivos relativos a los niveles de mercurio en pescado bagre 2014-2015 y 2016

Estadísticos	2014-2015	2016
Tamaño de la muestra	82	105
Número de muestras rechazadas	34	56
Porcentaje de rechazos	41%	53%
Mínimo (ppm)	0.01	0.02
Máximo (ppm)	2.05	1.57

Tabla 8 Estadísticos descriptivos relativos a los niveles de mercurio en pescado bocachico 2014 – 2015 y 2016

Estadísticos	2014-2015	2016
Tamaño de Muestra	175	107
Número de muestras rechazadas	3	5
Proporción de rechazos	1.70%	4.50%
Promedio	0.08	0.15
Mínimo (ppm)	0.01	0
Máximo (ppm)	0.7	6.6

A diferencia del bagre, las muestras de bocachico que sobrepasan el nivel máximo son muy pocas: En el ciclo 2014 – 2015 hubo 3 rechazos de bocachico frente a 34 de bagre. De la misma forma en el período 2016 se presentaron 5 rechazos de bocachico contra 56 de bagre.

Para el periodo 2014-2105 en pescado bocachico se tomaron 175 muestras de las cuales 3 (2%) salieron rechazadas. En el periodo 2016 se analizaron 110 muestras de las cuales 5 (5%) salieron rechazadas.

Comparación entre proporciones de las excedencias de mercurio por plan

Se realizó una prueba de hipótesis para la diferencia entre las proporciones de excedencias de mercurio entre los dos períodos, en cada tipo de pescado. La hipótesis nula planteaba que no existan diferencias, mientras que la hipótesis alterna planteaba diferencias en la proporción de muestras positivas en ambos períodos analizados.

$$H_0: P_{2014-2015} = P_{2016}$$

$$H_a: P_{2014-2015} \neq P_{2016}$$

Esta prueba de proporciones permite determinar si se han presentado cambios en la presencia de mercurio de un período a otro.

Tabla 9. Comparación de la proporción de excedencias de mercurio para los resultados de los planes 2014 – 2015 y 2016

Producto	Proporción 2014-2015 (%)	Proporción 2016 (%)	Tamaño muestra 2014 - 2015	Tamaño Muestra 2016	P-Valor	Conclusión
Bagre	41.4	53.3	82	105	0.14	No hay Diferencias
Bocachico	1.7	4.5	175	110	0.16	No hay Diferencias

Efectuando la prueba de proporciones, encontramos que no hay evidencia de la existencia de diferencias entre las proporciones de las excedencias de mercurio entre los dos períodos (Tabla 9).²

Los resultados de las proporciones de muestras con excedencias de mercurio en bagre son cercanas al 50%, es decir, que aproximadamente 1 de cada 2 muestras de pescado de la especie bagre resultaron con altos niveles de mercurio, mientras que para el bocachico, las proporciones son muy bajas (1.7% para 2014-2015 y 4.5% para 2016).

Comparación de las excedencias de mercurio por cuencas hidrográficas

Al realizar la comparación de las excedencias de mercurio por cuencas hidrográficas, tanto en el análisis del período 2014-2015 como del 2016, se evidencian niveles mayores en bagre, en Magdalena y Amazonía (Tabla 10).

En el período 2014 – 2015 se tomaron 40 muestras de bagre en el río Amazonas de las cuales 19 fueron rechazadas (48%) y 40 muestras en el río Magdalena de las cuales 14 fueron rechazadas (35%). Para el plan 2016 se tomaron 53 muestras en la cuenca del río Magdalena de las cuales 26 fueron rechazadas (49%) y 49 muestras en la cuenca del río Amazonas, de las cuales 30 fueron rechazadas (61%). (Tabla 10).

Por otra parte para el bocachico en el período 2014 – 2015, en cuenca del Magdalena se tomaron 125 muestras de las cuales 3 presentaron niveles elevados de mercurio (2.4%). Para el período 2016 se tomaron 15 muestras de Bocachico en la cuenca del río Amazonas, de las cuales 2 fueron rechazadas (13%) y en la cuenca hidrográfica del Magdalena se tomaron 86 muestras, de las cuales 3 fueron rechazadas (3.5%). (Tabla 10).

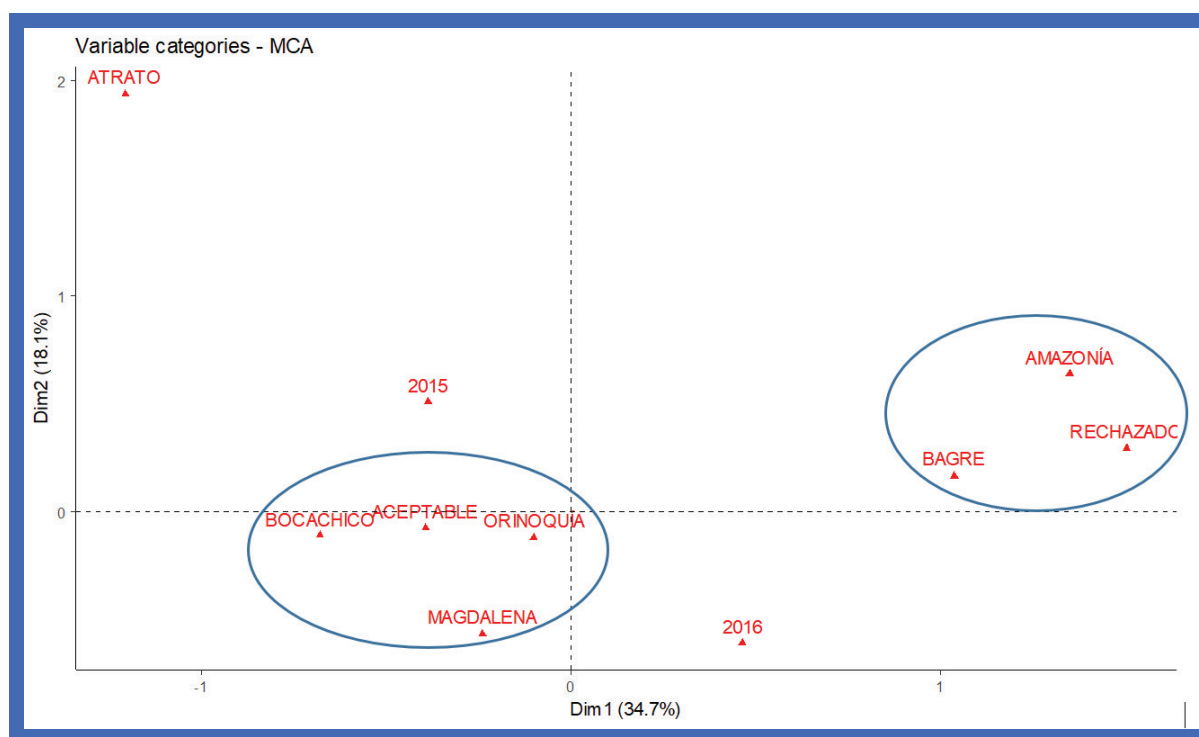
2. *Ibidem*.

Tabla 10 Distribución de excedencias por producto cuenca y año

Producto	Cuenca	2014 - 2015				2016			
		Muestras tomadas	Muestras aceptadas	Muestras rechazadas	Porcentaje rechazo (%)	No. muestras tomadas	No. muestras aceptadas	No. muestras rechazadas	Porcentaje rechazo (%)
Bagre	Amazonía	40	21	19	48	49	19	30	61
	Atrato					1	1	0	0
	Magdalena	40	26	14	35	53	27	26	49
	Orinoquía	2	1	1	50	2	2	0	0
Bocachico	Amazonía					15	13	2	13
	Atrato	47	47	0	0	7	7	0	0
	Magdalena	125	122	3	2	86	83	3	3
	Orinoquía	3	3	0	0	2	2	0	0
Total general		257	220	37	14	215	154	61	28

Para determinar cómo se relacionan las cuencas hidrográficas con el número de excedencias de mercurio, se realizó un Análisis de Correspondencias Múltiple³, donde se observa que para las muestras tomadas en ambos periodos en la cuenca Amazonía se presenta mayor número de excedencias de mercurio en el bagre.

Las muestras de bocachico tomadas en Orinoquía y Magdalena, independientemente del periodo, no presentan excedencias de mercurio. (Gráfica 1).

Gráfica 1. Análisis de Correspondencia Múltiple para los resultados de niveles de mercurio en bagre y bocachico


3. El Análisis de Correspondencias Múltiples (ACM) es una técnica de análisis de datos multivariado para datos categóricos nominales, utilizado para detectar relaciones entre las categorías de las variables (12).

Resultados PCB Plan 2016

El laboratorio de Cromatografía y Espectrometría de Masas de la Universidad Industrial de Santander reportó al Invima, a través del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 71 resultados analíticos de PCB, de las muestras de pescados bagre y bocachico en el período de 2016, para los siguientes compuestos PCB: 28, 52, 101, 138, 153 y 180.

Tabla 11. Resultados de PCB para bagre 2016

Compuesto	Número de muestras	Numero de muestras por debajo del límite de detección (< 0.15 µg/Kg)	Numero de muestras entre límite de detección (0.15 µg/Kg) y el límite de cuantificación (1.24 µg/Kg)
PCB28	29	25	4
PCB52		29	0
PCB101		29	0
PCB138		27	2
PCB153		27	2
PCB180		25	4

De las 29 muestras de bagre analizadas para el período 2016 no se detectó presencia en los analitos PCB52 y PCB101 (100% ausencia del analito). Se detectaron 4 muestras con trazas de PCB28 y PCB180 (86,2% de ausencia del analito) y 2 con trazas de PCB138 y PCB153 (93,1% de ausencia del analito). Las muestras con trazas son aquellas cuyos resultados están entre el límite de detección (0.15 µg/Kg) y el límite de cuantificación (1.24 µg/Kg).

Tabla 12. Resultados de PCB para Bocachico 2016

Compuesto	No. muestras	Numero de muestras por debajo del límite de detección (< 0.15 µg/Kg)	Numero de muestras entre límite de detección (0.15 µg/Kg) y el límite de cuantificación (1.24 µg/Kg)
PCB28	42	26	16
PCB52		41	1
PCB101		41	1
PCB138		36	6
PCB153		35	7
PCB180		27	15

De las 42 muestras de bocachico analizadas para el período 2016 no se detectó presencia de PCB28 en 26 muestras, de PCB52 y PCB101 en 41 muestras, de PCB138 en 36 muestras, de PCB153 en 35 muestras y de PCB180 en 27 muestras.

Así mismo, se encontraron trazas para los PCB relacionados en la tabla 12: 38,1% de PBC28, 2,4% de PCB52 y PCB101, 14% de PCB138, 17% de PCB153 y 35,7% de PCB180. Las muestras con trazas son aquellas cuyos resultados están entre el límite de detección (0.15 µg/Kg) y el límite de cuantificación (1.24 µg/Kg).

En Colombia la normativa para PCB en pescados frescos está establecida en la resolución 122 de 2012 expedida por el Ministerio de Salud y Protección Social, artículo 4º - Requisitos Físicoquímicos – tabla 4. Sin embargo, en ausencia de resultados de Dioxinas y debido a que sólo se cuenta con resultados semicuantitativos de PCB, no se puede hacer uso del contenido máximo de la Suma de dioxinas y PCB similares a las dioxinas, establecidos en la citada Resolución.

CONCLUSIONES

- ▶ Un alto porcentaje de las muestras de bagre incluidas en este plan de muestreo presentaron concentraciones de mercurio superiores al nivel máximo permitido en la normativa colombiana (41% en 2014-2015 y 53% en 2016). Estas cifras contrastan con el bajo porcentaje de excedencias evidenciadas en muestras de bocachico en el mismo periodo (2% en 2014-2015 y 5% en 2016). Estas diferencias son esperadas teniendo en cuenta que el mercurio se bioacumula a lo largo de la cadena trófica, es decir, es más fácil que especies depredadoras y carroñeras como el bagre, acumulen mayor cantidad de mercurio en comparación del bocachico, que su alimentación está basada en la vegetación acuática en descomposición.
- ▶ La cuenca hidrográfica del río Amazonas es la que presenta un mayor número de excedencias de mercurio para bagre: 48% en el primer periodo (2014-2015) y 61% en el segundo periodo (2016), seguida de la cuenca del río Magdalena, en donde las excedencias de mercurio en el primer periodo (2014-2015) fueron de 35% y en el segundo (2016) de 49%.
- ▶ Para PBC tanto en pescado bagre como bocachico incluidos en el plan 2016, los resultados son favorables debido a que no se obtuvieron valores cuantificables en ninguna de las muestras analizadas.
- ▶ El desarrollo de los planes incluidos en el presente informe, relativos a la determinación de mercurio en pescados dulceacuícolas, ratifica que las especies de

pescados escamados, por su condición alimentaria predominantemente vegetariana, presentan menor riesgo de excedencias de niveles máximos permitidos que las especies predadoras, que se alimentan de otros peces, como en el caso del bagre donde la acumulación de mercurio es mayor.

- ▶ Las diferencias entre los niveles de mercurio encontrados en las cuencas hidrográficas, es un indicativo de que la presencia de este contaminante puede estar asociada tanto a la naturaleza de las especies como a la posible contaminación antropogenética.
- ▶ Es recomendable que el Grupo Técnico de Trabajo en Residuos Químicos de la Comisión de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias estudie la problemática encontrada en el pescado fresco de la especie bagre, con el fin de determinar la necesidad de establecer limitaciones o condiciones para su consumo por parte de la población colombiana.
- ▶ Los resultados de los dos planes (2014-2015 y 2016) deberán ser utilizados por la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (Aunap) y demás actores relacionados, para que adelanten las acciones de control que correspondan tanto en las diferentes Cuencas Hidrográficas como en la comercialización del pescado bagre destinada al consumo humano.

BIBLIOGRAFÍA

- ▶ (2008). Recuperado el 16 de Marzo de 2016, de GreenFaccts: <https://www.greenfacts.org/es/pcb/>
- ▶ Codex Alimentarius FAO/OMS. (2016). Recuperado el 12 de Febrero de 2014, de Codex Alimentarius FAO/OMS: http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/es/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCODEX%2BSTAN%2B193-1995%252FCXS_193s.pdf
- ▶ Corporación Colombia Internacional. (2009). Recuperado el 14 de Febrero de 2014, de Informe Técnico Regional Cuencas del Magdalena, Sinú y Atrato: <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bits-tream/11348/4981/1/Informe%202009-Mag-Sin%C3%BA-Atra.pdf>
- ▶ Corporación Colombia Internacional. (2009). Recuperado el 14 de Febrero de 2014, de Informe Técnico Regional Cuencas del Orinoco y Amazonas: <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bits-tream/11348/4992/1/Informe%202009-Orinoco-Amazonas.pdf>
- ▶ Figueroa, A. (1990). Mercurio y metilmercurio. Recuperado el 27 de Agosto de 2014, de Mercurio y metilmercurio. Capítulo 11: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/eco/016750/016750-mercurio.pdf>
- ▶ Husson, F., S., L., & Pagès, J. (2012). Análisis de datos con R. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- ▶ Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. (2005). Recuperado el 12 de Febrero de 2014, de Encuesta Nacional de Situación Nutricional: <http://www.icbf.gov.co/portal/page/portal/PortallCBF/-bienestar/nutricion/ensin>
- ▶ INVIMA. (2014). Recuperado el 12 de Mayo de 2017, de Programa Análisis de Mercurio Total en Bocachico y Bagre: https://www.invima.gov.co/images/pdf/inspeccion_y_vigilancia/-direccion-alimentos/subsectoriales/DOCUMENTO-TECNICO-MERCURIO-DULCEACUICOLA.pdf
- ▶ INVIMA. (2016). Recuperado el 12 de Mayo de 2017, de Plan Nacional Subsectorial de Vigilancia y Control de Contaminantes Químicos en Pescados Bocachico y Bagre (Dulceacuicola): https://www.invima.gov.co/images/pdf/inspeccion_y_vigilancia/-direccion-alimentos/subsectoriales/Documento-tecnico-plan-Dulceacuicola-20161.pdf
- ▶ Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y Autoridad Nacional de Pesca. (2016). Recuperado el 2016, de SEPEC - Servicio Estadístico Pesquero Colombiano : <http://sepec.aunap.gov.co/Informes-Avanzados/Index2>
- ▶ Organización Mundial de la Salud. (2013). Recuperado el 27 de Mayo de 2014, de El mercurio y la salud. Efectos sanitarios de la exposición al mercurio: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs361/es/>
- ▶ PNUMA Productos Químicos. (2005). Emisiones de dioxinas y furanos. Ginebra, Suiza: Químicos, PNUMA Productos.

