

Artículo de  
InvestigaciónImpactos de las pesquerías de *Calophrysus macropterus* un riesgo para salud pública y la conservación de los delfines de río en Colombia

Federico Mosquera-Guerra<sup>1</sup>,  
Fernando Trujillo<sup>1</sup>, Dalila  
Caicedo-Herrera<sup>1</sup>, Johana Zoque-  
Cancelado<sup>1</sup> y Hugo Mantilla-  
Meluk<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Fundación Omacha, Bogotá, Colombia.

<sup>2</sup>Programa de Biología, Universidad del Quindío.

Autor para Correspondencia\*:

hugo.mantillameluk@gmail.com

Recibido 05 de julio de 2015.

Aceptado 25 de diciembre 2015.

## Resumen

Esta investigación hace parte de un esfuerzo interinstitucional realizado entre la Fundación Omacha y el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamento y Alimentos (INVIMA) en aras de establecer la concentración de mercurio total (Hg) en tejido de *Calophrysus macropterus* (mota, simí, piracontinga o surubu). Se colectaron 190 especímenes (LE) entre los 30 - 45 cm<sup>-1</sup>, se extrajeron 200gr de músculo de cada muestra procedente de las localidades de Leticia - Amazonas (N: 64), Bogotá-D.C (N: 63) e Inírida - Guainía (N: 63). La concentración de mercurio total (Hg) se realizó a través del método de absorción atómica en vapor en frío. Los resultados obtenidos permitieron establecer que el mayor porcentaje de muestras con concentraciones de mercurio total (Hg) por encima del 0,5 mg/kg<sup>-1</sup> valor establecido como límite por la Organización Mundial de la Salud (OMS) fue registrado en la localidad de Puerto Inírida (Guainía) con el 60,3% (N=38), seguido de la ciudad de Leticia (Amazonas) 56% (N=36) y Bogotá (D.C) 54% (N=34). Finalmente el 57% (N=108) del total de las muestras analizadas presentaron niveles de mercurio total (Hg) por encima de la normatividad nacional y lo establecido por la (OMS). Estos resultados permiten concluir que el consumo habitual de la carne de esta especie de pez es un riesgo potencial para la salud de sus consumidores habituales por la bioacumulación de mercurio total (Hg) igualmente las pesquerías de esta especie se realizan a través de capturas dirigidas a delfines de río, manatíes y caimanes empleados como carnada, principalmente en Brasil y Perú.

**Palabras claves:** Amenazas, ambiente, bioacumulación, conservación, Hg y mota.

## Abstract

This research is part of an interagency effort between Omacha Foundation and the National Institute for Drug and Food Surveillance (INVIMA) in order to establish the concentration of total mercury (Hg) in tissue *Calophrysus macropterus* (Speck, Simi, piracontinga or surubu). 190 specimens (LE) were collected between 30-45 cm<sup>-1</sup>, extracted 200g muscle sample from each of the towns of Leticia - Amazonas (N: 64), Bogota DC (N: 63) and Inírida - Guainía (N: 63). The concentration of total mercury (Hg) was made by the method of atomic absorption cold vapor. The obtained results it was established that the highest percentage of samples with concentrations of total mercury (Hg) above 0.5 mg / kg-1 limit value set by the World Health Organization (WHO) was recorded in the town Puerto Inírida (Guainía) to 60.3% (N = 38), followed by the city of Leticia (Amazonas) 56% (N = 36) and Bogota (DC) 54% (N = 34). Finally, 57% (N = 108) of all samples tested had levels of total mercury (Hg) above the national regulations and the provisions of the (WHO). These results suggest that regular consumption of meat of this species of fish is a potential risk to the health of its regular users by the bioaccumulation of total mercury (Hg) also this species fisheries are conducted through a directed catch river dolphins, manatees and alligators used as bait, mainly in Brazil and Peru.

**Key words:** Threats, environment, bioaccumulation, conservation, Hg and speck.

## Introducción

Esta investigación relaciona los resultados obtenidos en la determinación de la concentración de mercurio total (Hg) en tejido de la especie (*Calophrysus macropterus*) a través del método de absorción atómica en vapor frío. El tamaño muestral (N: 190) se estableció empleando el software usado por el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamento y Alimentos (INVIMA) en este tipo de estudios. Las muestras se obtuvieron de peces comercializados en las localidades de Leticia, Amazonas (N: 64), Bogotá D.C (N: 63) e Inírida, Guainía (N: 63). Esta iniciativa hace parte del esfuerzo interinstitucional del orden nacional e internacional impulsado por la Fundación Omacha, WWF-Colombia, INVIMA y Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP), auspiciado por Whitley Fund Nature desde el año 2003 en aras de mitigar el uso de delfines, caimanes y manatíes como carnada en las pesquerías del mota.

Las capturas dirigidas a grandes vertebrados acuáticos en condición de amenaza para la Amazonia tienen un especial énfasis en el delfín rosado de río conocido científicamente como *Inia geoffrensis*: VU A1cd (IUCN, 2007), VU A2acde +

3 de (Rodríguez-M *et al.* 2006) y Apéndice II del CITES y está siendo utilizado en la pesca de mota (*Caophrysus macropterus*) convirtiéndose en una problemática regional de gran impacto. Este conflicto se ha venido documentando desde los años 2004 y 2005, cuando se realizó el primer análisis de esta pesquería en el trapecio Amazónico colombiano. La evaluación reveló que la captura de este pez se ha incrementado como resultado de la disminución del capaz (*Pimelodus* sp.) en el río Magdalena, generando un mercado de gran importancia económica para la región (Gómez *et al.* 2008). Esta actividad ha venido ocasionando conflictos de orden social y ambiental, ya que se ha consolidado una pesquería alrededor de una especie de hábitos carroñeros que debido a su rol trófico tiende a bioacumular o biomagnificar metales pesados como el mercurio (Hg), además de este riesgo para la salud de los consumidores habituales de la especie, se estima que en proceso de captura de 300 Kg de mota se emplea en promedio un delfín y que con la estadística anual de comercialización de 140.000 kilogramos de mota que ingresan al país bajo el nombre de capaz o capaceta (Gómez *et al.* 2008; Trujillo *et al.* 2010), se

estarían sacrificando alrededor de 1.600 delfines/año sólo para el área de Mamiraguá convirtiéndose en una amenaza real para la conservación de la especie (Da Silva y Martín 2007) y un riesgo para la salud pública en Colombia.

Esta amenaza ha sido expuesta igualmente por parte de Institutos de Investigaciones Científicas como el SINCHI, en su publicación "Bagres de la Amazonia colombiana: un recurso sin fronteras" (2000), que resumió la reglamentación pesquera para la región, donde el INDIRENA (Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Medio Ambiente) ya había expedido normatividad alrededor del aprovechamiento sostenible de la especie como otros bagres a través de los Acuerdos N° 00015 de 1987 y 00075 de 1989. En el año 2011 el Catálogo de los Recursos Pesqueros Continentales de Colombia (IavH, 2011), expone que alto incremento en los volúmenes comercializados de este pez se podría convertir en una problemática ambiental. En este sentido la AUNAP en el 2013 comenzó una campaña sobre el Consumo responsable de pescado que incluía los diferentes niveles de comercialización (pequeños, medianos y grandes comerciantes), para distinguir bien entre las dos especies de Siluridos y evitar el engaño al consumidor. En el año 2014 la Universidad de los Andes y la Fundación Omacha publican en la revista EcoHealth una investigación donde exponen las altas concentraciones de mercurio en tejido de la especie comercializadas en ocho localidades y cuyos resultados se encontraban por encima de los niveles recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) (0,5 µg por gramo de carne) para el consumo humano (Salinas *et al.* 2014). Ese mismo año y dada la presión internacional el gobierno Brasileiro a través del Ministerio Público Federal y la Procuraduría de la República no Estado do Amazonas expiden a través de la Recomendación N° 74, ICP n. 1.13.000.00079/2012-61 una moratoria comercial para la especie al interior del territorio brasileiro igualmente en Colombia la Dirección de Alimentos y Bebidas del INVIMA emite un comunicado de prensa a finales de 2014 donde recomienda a los colombianos no consumir la carne de este pescado conocido como MOTA (*Calophysus macropterus*); hasta obtener los resultados de su Plan de Muestreo de Metales pesados (Hg) en los recursos hidrobiológicos continentales.

## Metodología

### Área de estudio

Las localidades de estudio donde se realizaron las colectas de muestras de la especie *Calophysus macropterus* (mota) se realizó en los departamentos de Amazonas, Leticia (N:63); Guainía, Inírida (N:63) y el Distrito Capital, Bogotá (N:64), comprendiendo puertos de desembarque y lugares de comercialización de esta especie como plazas de mercado (Figura 1).



**Figura 1.** Ubicación espacial de las localidades de Bogotá, Leticia e Inírida donde fueron colectadas las muestras de *Calophysus macropterus*.

### Descripción de la especie

*Calophysus macropterus* (Lichtenstein 1819).

### Nombre común y/o indígena

Colombia: mapurito, comegente, simí (Orinoco), picalón, mota, mota pintada (Amazonas); Brasil: piracatinga, pintadinho, udubu água; Venezuela: mapurito, come muerto, zamurito, bagre machete y en Bolivia: blanquillo, zamurito.

### Caracteres distintivos

Lados del cuerpo y aleta adiposa con manchas negras más o menos redondeadas, generalmente más pequeñas que el diámetro del ojo; todas las aletas excepto la adiposa, negruzcas. Dientes numerosos, incisivos y dispuestos en dos filas en el premaxilar y en una sola en el mandibular; sin parches de dientes en el vomeriano o el palatino. Barbillas aplanadas, las maxilares se prolongan hasta la zona media de la aleta adiposa. Proceso occipital largo y no se une con la placa nugal. Primer radio de las aletas dorsal y pectoral flexibles, con terminaciones no punzantes, sin espinas; origen de las aletas pélvicas ligeramente por detrás de la base de la aleta dorsal. Base de la aleta adiposa muy larga, se origina inmediatamente después del final de la dorsal y alcanza el pedúnculo caudal. Aleta dorsal i, 6; P1 i, 11; A 12 (Figura 2).

### Distribución geográfica

**Países:** Bolivia, Brasil, Colombia, Perú y Venezuela (Figura 3). **Cuencas en Colombia:** Amazonas y Orinoco (Maldonado-Ocampo *et al.* 2008).



**Figura 2.** Individuo de *Calophysus macropterus* (mota, simí, mapurito o comegente). Fuente: Lasso et al. (2011).

**Subcuencas:** Amazonas (Caquetá, Putumayo) (Bogotá-Gregory y Maldonado-Ocampo 2006); Orinoco (Arauca, Ariari, Guaviare, Guayabero, Inírida, Meta, Tomo, Vichada) (Lasso et al. 2004, 2009, Maldonado-Ocampo et al. 2006).

**Cuenca del Amazonas:** información biológico-pesquera.

**Talla y peso**

Se han capturado ejemplares de 45 cm LE y 1 Kg en los 90 (Salinas y Agudelo 2000). Para la presente década, los registros de la base de datos del Instituto SINCHI determinan el máximo registro conocido con 77 cm LE y 4,43 kg para el río Putumayo. Los rangos de captura para el Amazonas, varían de 16 a 70 cm LE con promedio de 26±5,5cm LE (Niño 2008). Para el río Caquetá, los máximos registros son de 47 cm LE en Araracuara y 43 cm LE en La

Pedreira. La relación longitud estándar y peso total para la especie es  $Wt = 0,0145 * LE^{2,9251}$  para el río Putumayo, mientras que para el río Amazonas, Niño (2008) establece la relación en  $Wt=0,013 * LE^{3,0123}$ .

**Hábitat**

Asociados a gramalotes del río Amazonas, playas, lagunas de inundación y en el fondo del cauce principal de los ríos (Lasso 2004, Galvis et al. 2006, Galvis et al. 2007).

**Alimentación**

Oportunista, pueden llegar a ser carroñeros. Se alimentan de peces atrapados en las redes y de desechos como vísceras, provenientes de las pesquerías. También incluyen en su dieta crustáceos y material vegetal como flores, frutos y semillas (Castro 1994, Ferreira et al. 1998, Salinas y Agudelo 2000, Santos et al. 2006).

**Reproducción**

Para la Amazonia colombiana, la reproducción ocurre durante el momento en que el nivel del río aumenta (Agudelo et al. 2000). Los individuos por encima de 30 cm LE se encuentran en madurez gonadal avanzada (Camacho et al. 2006). En estudios realizados en la Amazonia brasileña, se observó la reproducción entre enero y febrero, sincronizado con el inicio de la época de creciente y con desove total. La madurez sexual se alcanza a los 1,4 y 1,5 años de edad para hembras y machos, respectivamente (Santos et al. 2006, Pérez y Fabre 2008).

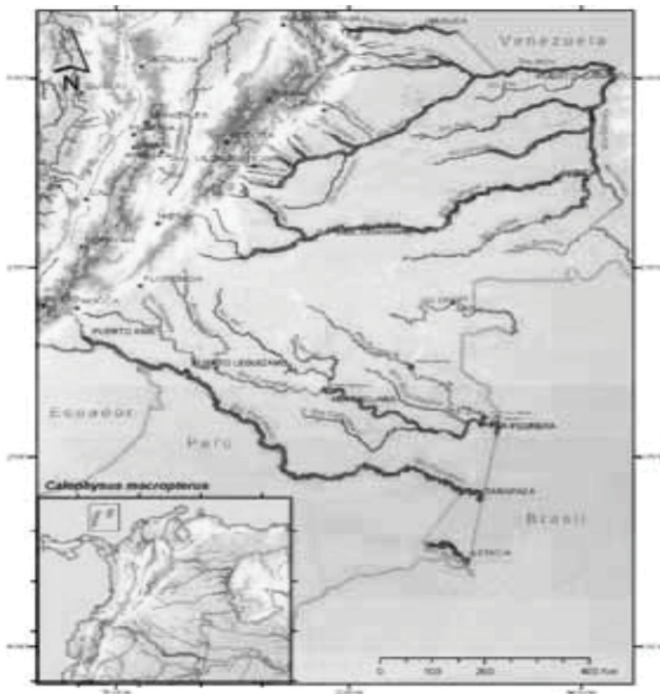
**Migraciones**

Como la mayoría de las especies de bagres realiza migraciones asociadas a los períodos reproductivos (Junk 1895 en Lasso 2004, Niño 2008). Migraciones medianas (<1.000 Km) (Barthem y Goulding 2007, Usma et al. 2009).

**Aspectos pesqueros**

**Métodos de captura**

En el río Caquetá y río Putumayo la especie es capturada con nylon y anzuelo o espineles ubicados en el cauce principal de los ríos. Algunas veces se capturan con la mano cuando se usan cuerpos de animales o vísceras como carnada, una vez que los peces se encuentran sobre la carnada son retirados hábilmente del agua con la mano. Esta técnica se lleva a cabo en las márgenes de los ríos en las horas de la noche dada la actividad nocturna de este bagre. En el río Amazonas en la zona de frontera de Colombia con Brasil y Perú, la especie es capturada principalmente con la mano, utilizando vísceras de ganado como carnada. Trujillo y Gómez (2005) plantean el uso de carnadas de delfín y caimán negro. También es usado el anzuelo para cosechar cantidades importantes de la especie. Por la demanda al interior del país, este pez ha adquirido gran importancia entre los pescadores de la zona y además de la



**Figura 3.** Distribución geográfica de *Calophysus macropterus*. Fuente: Lasso et al. (2011).



cosecha local, realizan desplazamientos para su captura en el Brasil y en Perú. De esta forma las capturas provienen de zona brasileña en un 63%, del Perú en un 11% y en Colombia se cosecha el 24% (Niño 2008).

#### Desembarcos

Para la Amazonia colombiana el simí ocupa un lugar importante por su demanda el interior del país y como reemplazo del capaz del Magdalena (*Pimelodus grosskopfii*), tal que el promedio movilizado por Leticia para la presente década, gira en torno de las 945 toneladas por año, mientras que en la década del 90 no se superaban las 220 toneladas anuales. Esta especie es la tercera en importancia en cuanto a su comercialización hacia el interior del país y ha variado alrededor de las 800 toneladas, entre los años 2007 y 2009.

#### Toma de muestras de peces

El tamaño muestral calculado fue de 190 individuos colectados en los puertos de desembarco y plazas de mercado de las localidades de Leticia (N: 64 individuos adquiridos el 23 de junio de 2014), Bogotá (N:63 individuos adquiridos el 3 de julio), e Inírida (N:63 individuos adquiridos el 5 de agosto).

#### Análisis de Mercurio Total (Hg)

Este proceso inicia con la determinación taxonómica de los individuos colectados a través del uso de guías de identificación en campo propuestas por Galvis *et al.* (2006) y Lasso *et al.* (2011), posteriormente se seleccionaron individuos con longitudes estándar (LE) entre los 30 - 45 cm<sup>-1</sup> y peso (W) 400 - 800 gr<sup>-1</sup>. Estos especímenes fueron catalogados en estado de adultez de acuerdo con Niño (2008), Pérez (1999) e Instituto SINCHI (2010). Se extrajo entre 200 y 300 gr<sup>-1</sup> de muestra de tejido de cada individuo posteriormente se embalo el material biológico en papel aluminio con la parte opaca hacia afuera, seguidamente la muestra es envuelta en papel kraft con la parte opaca hacia afuera y se sella con cinta adhesiva, se embala en una bolsa plástica finalmente se realiza la rotulación del material con la siguiente información: Localidad de colecta, número de lote, persona responsable de la colecta, fecha, número del contenedor y las condiciones de conservación de la muestra como temperatura y humedad. Las muestras debidamente rotuladas fueron depositadas en neveras de poliestireno que contenían bolsas con gel refrigerante en la parte inferior y superior manteniendo la temperatura interna en -4°C. Este procedimiento garantizó la trazabilidad y la cadena de custodia de las muestras para su análisis (Figura 4).

Se empleó entre 1 y 2 gr<sup>-1</sup> de la muestra para el análisis de concentración de mercurio total (Hg), en tejido de la especie (*Calophysus macropterus*) a través del método de absorción atómica en vapor frío en las instalaciones del Laboratorio Microbiológico Barranquilla S.A.S.

#### Análisis de datos

##### Estadística descriptiva

Se analizó el número y porcentaje de muestras que presentaron valores de concentración de mercurio total (Hg) por encima y debajo de 0,5 mg/Kg<sup>-1</sup> (OMS) para cada localidad.

##### Estadística multivariada

Se aplicaron pruebas como F de Fisher para comparar medias paramétricas bajo el supuesto de homogeneidad de varianza, cuando este supuesto no se cumple se procede al comparar las dos medias a través de la prueba t para varianzas desiguales, o prueba de Welch. Para determinar si hay relación entre los grupos de muestras que presentaron concentración de mercurio y las localidades de donde provienen estos individuos, se procedió a realizar un Análisis de Varianza de dos vías, y para determinar cuáles de las medias son diferentes entre los grupos y las localidades para esto aplicó la prueba de diferencia mínima significativa (LSD) (Zar 2010).

#### Resultados y discusión

A continuación se relacionan los resultados obtenidos para la concentración de mercurio total (Hg) obtenidos en las 190 muestras analizadas de la especie *Calophysus macropterus* (mota) obtenidas en las tres localidades objeto de estudio. Se realizó un análisis que incluyó una aproximación desde la estadística descriptiva donde se establecieron los valores de concentración de mercurio total Hg (mg/kg<sup>-1</sup>) en tejido de *Calophysus macropterus* que se encontraron por encima de los límites establecido por la OMS (0,5 mg/Kg<sup>-1</sup>). Seguidamente se aplicaron pruebas como F de Fisher, t y Welch para comparar medias paramétricas y varianzas desiguales. Para determinar si hay relación entre los grupos de muestras se procedió a realizar un Análisis de Varianza de dos vías, y para determinar cuáles de las medias son diferentes entre los grupos y las localidades para esto aplicó la prueba de diferencia mínima significativa (LSD) (Zar 2010).

##### Estadística descriptiva

Localidad de Inírida (Guainía): Se analizaron N= 63 muestras de las cuales el 60,3% (N=38) presentaron valores por encima de 0,5 mg/Kg<sup>-1</sup>, presentando una concentración máxima=1,47 mg/Kg<sup>-1</sup> y mínima=0,13 mg/Kg<sup>-1</sup> (SD=0,24 mg/Kg<sup>-1</sup>). (Figura 5 y 6).

##### Localidad de Leticia (Amazonas)

Se analizaron los valores obtenidos para la concentración de mercurio total (Hg) en las muestras provenientes de Leticia (Amazonas) (N= 64) y que registraron valores por encima de lo establecido por OMS (0,5 mg/Kg<sup>-1</sup>)



**Figura 4.** Proceso de toma, transporte y cadena de custodia para las muestras de *Calophrys macropterus* (mota). **a.** Medición morfométrica de individuos. **b.** Se extrajo entre 200 y 300 gr<sup>-1</sup> de muestra de tejido de cada individuo adulto. **c.** Envoltura del material biológico en papel aluminio. **d.** Envoltura del material biológico en papel kraft. **e.** Rotulación del material biológico para garantizar su trazabilidad. **f.** Preservación de la muestras.

obteniendo que el 56% (N=36) presentaron concentraciones por encima de 0,5 mg/Kg<sup>-1</sup>, alcanzando una concentración máxima=1,66 mg/Kg<sup>-1</sup> y mínima=0,19 mg/Kg<sup>-1</sup> (SD=0,37 mg/Kg<sup>-1</sup>) (Figura 7 y 8).

*Localidad de Bogotá (D.C)*

En total se analizaron N= 63 muestras de las cuales el 54% (N=34) registraron valores por encima de 0,5 mg/Kg<sup>-1</sup>, presentando una concentración máxima=1,05 mg/Kg<sup>-1</sup> y mínima = 0,11 mg/Kg<sup>-1</sup> (SD=0,28 mg/Kg<sup>-1</sup>) (Figura 9 y 10).

*Localidades evaluadas*

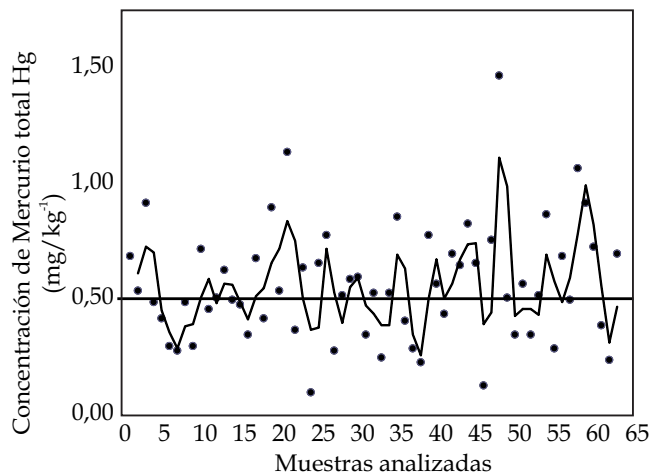
Se analizaron los valores de concentración de mercurio

total Hg (mg/Kg<sup>-1</sup>) en tejido de *Calophrys macropterus* para las 190 muestras tomadas en las tres localidades estableciendo como referencia los límites establecido por la OMS (0,5 mg/Kg<sup>-1</sup>). Los resultados determinaron que el 57% (108 muestras) del total de las muestras analizadas presentaron niveles de mercurio total por encima de la normatividad nacional e internacional OMS (Figura 11 y 12).

*Estadística multivariada*

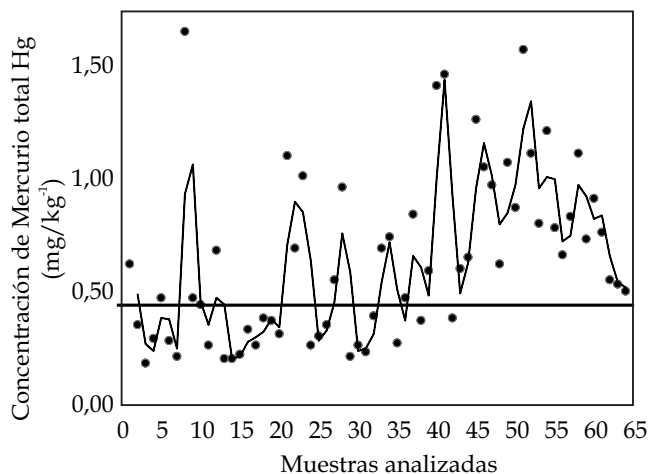
*Localidad de Leticia (Amazonas)*

Se compararon los valores obtenidos para la concentración



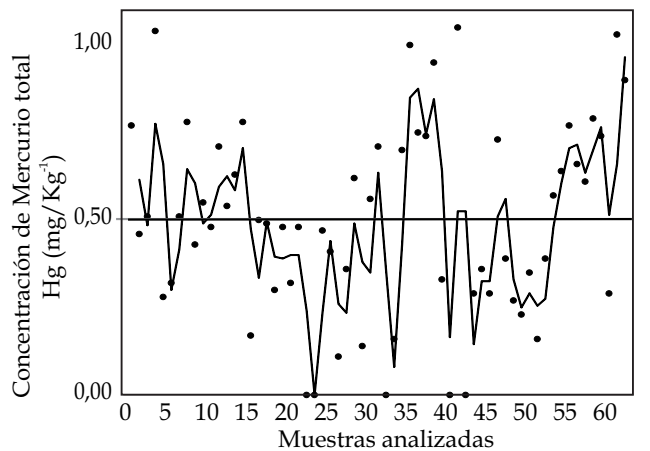
• *Calophrys macropterus* — Limete Max permisible

**Figura 5.** Valores de concentración de mercurio total Hg(mg/kg<sup>-1</sup>) en las muestras de *Calophrys macropterus* en la localidad de Inírida (Guainía).



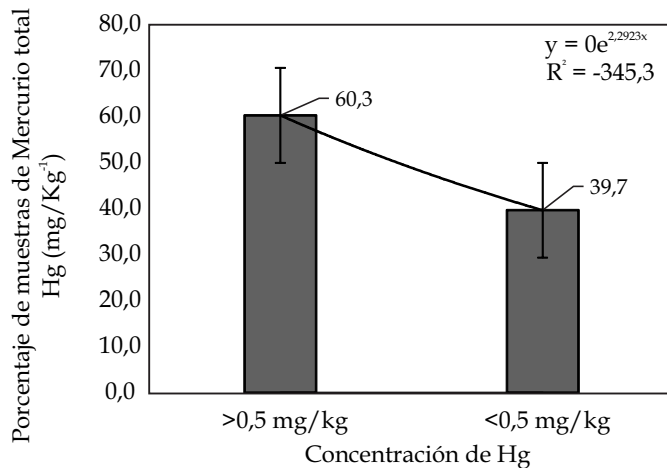
● *Calophrys macropterus* — Limite Máx permisible

**Figura 7.** Valores de concentración de mercurio total Hg(mg/kg<sup>-1</sup>) en las muestras de *Calophrys macropterus* en la localidad de Leticia (Amazonas).

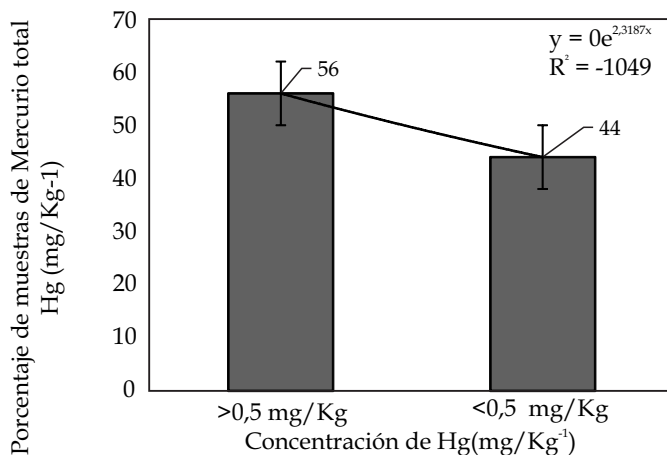


● *Calophrys macropterus* — Limite Max permisible OMS

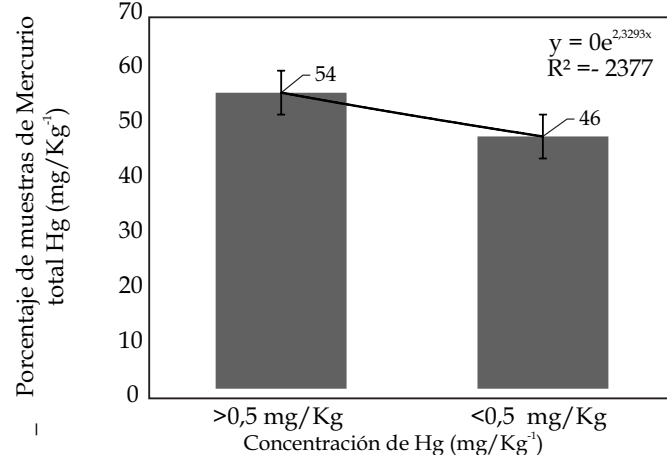
**Figura 9.** Valores de concentración de Mercurio total Hg (mg/Kg<sup>-1</sup>) en las muestras de *Calophrys macropterus* en la localidad de Bogotá (D.C).



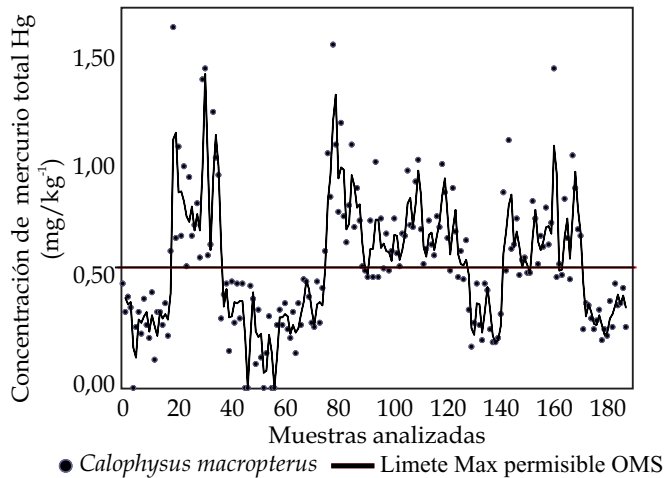
**Figura 6.** Porcentaje de muestras analizadas para mercurio total Hg (mg/kg<sup>-1</sup>) de *Calophrys macropterus* que se encuentran por encima y por debajo de 0,5 mg/Kg<sup>-1</sup> para la localidad de Inírida (Guainía).



**Figura 8.** Porcentaje de muestras analizadas para mercurio total Hg (mg/kg<sup>-1</sup>) de *Calophrys macropterus* que se encuentran por encima y por debajo de 0,5 mg/Kg<sup>-1</sup> para la localidad de Leticia (Amazonas).



**Figura 10.** Porcentaje de muestras analizadas para mercurio total Hg (mg/Kg<sup>-1</sup>) de *Calophrys macropterus* que se encuentran por encima y por debajo de 0,5 mg/Kg<sup>-1</sup> para la localidad de Leticia (Amazonas).

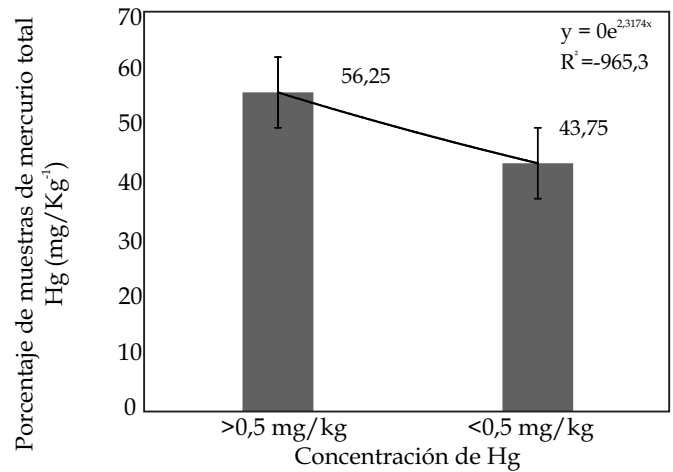


**Figura 11.** Valores de concentración de mercurio total Hg ( $\text{mg}/\text{Kg}^{-1}$ ) en las muestras de *Calophrysus macropterus* en las tres localidades objeto de estudio.

de mercurio total (Hg) encontrados en los individuos adultos colectados en la localidad de Amazonas, empleando como criterio la concentración máxima establecida por la OMS ( $0,5 \text{ mg}/\text{Kg}^{-1}$ ). Se clasificaron los valores registrados por encima de ( $0,5 \text{ mg}/\text{Kg}^{-1}$ ) como (SI) y los valores por debajo (NO), apreciando la existencia de diferencias significativas ( $t=10,867$ ;  $P=8,16\text{E}-14$ ), lo que indica que los valores difieren en magnitud. El grupo denominado (SI) presenta una mayor media muestral que el grupo denominado (NO) ( $0,9025 \text{ mg}/\text{Kg}^{-1}$  y  $0,32107 \text{ mg}/\text{kg}^{-1}$ ), indicando que las concentraciones de mercurio son mayores en el grupo (SI). Al comparar los valores promedio de los dos grupos con el valor patrón de concentración de la OMS, el grupo (SI) presentó diferencias significativa ( $t=7,915$ ,  $P=2,625\text{E}-09$ ) lo que nos indica que los peces que son parte de este grupo tienen valores muy por encima del valor establecido por la OMS. Al realizar la misma prueba para el grupo (NO), también se consiguió que existen diferencia entre la media del grupo y el valor de la OMS ( $t=-10,75$ ;  $P=2,916\text{E}-11$ ).

#### Localidad Bogotá (D.C)

Se apreció que hay diferencias entre las medias de los dos grupos ( $0,73586 \text{ mg}/\text{Kg}^{-1}$  para el grupo (SI), y  $0,30029 \text{ mg}/\text{Kg}^{-1}$  para el grupo (NO), siendo del grupo (SI) el que presenta la mayor concentración de mercurio, haciéndolo poco recomendable para su consumo. También se realizó la comparación de las medias de los dos grupos con respecto al valor establecido por la OMS, y se encontró que el grupo (SI) presentó diferencias entre su media y el valor control ( $t=7,915$ ;  $P=1,276\text{E}-08$ ), lo que nos indica que esta diferencia se aleja del valor permisible establecido por la OMS para el consumo de estos peces. Cuando se compara a los individuos del grupo (NO) con respecto al valor control, también se pueden apreciar la existencia de diferencias



**Figura 12.** Porcentaje de muestras analizadas para mercurio total Hg ( $\text{mg}/\text{Kg}^{-1}$ ) de *Calophrysus macropterus* que se encuentran por encima y por debajo de  $0,5 \text{ mg}/\text{Kg}^{-1}$  en las tres localidades objeto de estudio.

entre la media de este grupo y el valor control. Esto significa que este valor se encuentra por debajo de este valor ( $t=-8,574$ ;  $P=6,573\text{E}-10$ ).

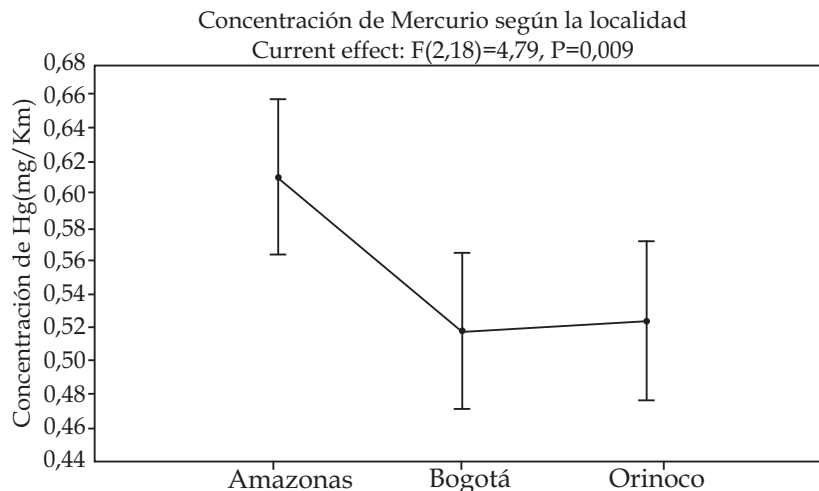
#### Localidad Inírida (Guainía)

Al igual que los grupos de datos analizados anteriormente para las localidades de Leticia y Bogotá. La información analizada para la localidad de Inírida también presentó diferencias en las concentraciones para el mercurio total (Hg) ( $t=9,5112$ ;  $P=1,94\text{E}-13$ ), ya que las medias de los dos grupos son bastantes desiguales (la media del grupo (SI) es  $0,71 \text{ mg}/\text{Kg}^{-1}$ , mientras el grupo (NO) tienen una media de  $0,3384 \text{ mg}/\text{Kg}^{-1}$ ), e igual que en las dos localidades anteriores, el grupo (SI) presentó la mayor concentración de mercurio total (Hg). También se compararon los grupos con respecto al valor control establecido por la OMS, y para el grupo (SI) presentó diferencias significativas ( $t=6,341$ ;  $P=2,173\text{E}-07$ ), teniendo un valor bastante mayor con respecto a lo establecido como control por la OMS. Mientras el grupo NO también demostró tener diferencias, ya que su media de concentración es menos al valor control.

#### Localidades evaluadas

Se compararon los niveles de mercurio total (Hg) encontrado en las muestras colectadas en los individuos de *Calophrysus macropterus* en las tres localidades de estudio, se realizó una prueba de ANOVA de dos vías completo, en el cual se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos analizados, así como entre las localidades ( $F=4,795$ ,  $P=0,009336$ , D.L=2 y 184). En la Figura 13, se observa la diferencia entre la concentración de mercurio total (Hg) presente en todos los individuos provenientes de la localidad de Amazonas con respecto a los individuos de las otras dos localidades.





**Figura 13.** Niveles de mercurio total (Hg) encontrado en las muestras colectadas en los individuos de *Calophrys macropterus* en las tres localidades de estudio.

*Relación entre la concentración de mercurio total (Hg) y Peso (gr<sup>-1</sup>) en las muestras de Calophrys macropterus en las tres localidades*

Se analizó la relación entre los valores de concentración de mercurio total Hg (mg/Kg<sup>-1</sup>) en tejido de *Calophrys macropterus* que sobrepasaron el valor de referencia establecido por la OMS (0,5 mg/Kg<sup>-1</sup>) y peso (gr<sup>-1</sup>). Los resultados determinaron que el 65% (N=67) de las 103 muestras reportadas por encima del valor referencia, se presentaron en peces entre 400-710 (gr<sup>-1</sup>) distribuidos en las localidades de Inírida 55,2% (N=37) y Bogotá 44,7% (N=30) (Figura 14).

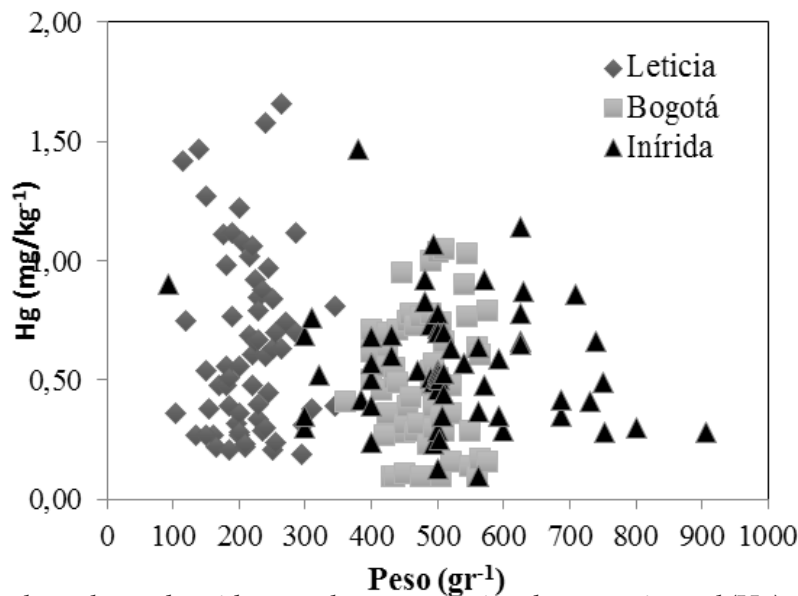
*Relación entre los valores obtenidos para la concentración de mercurio total (Hg) y Longitud (cm<sup>-1</sup>) en las muestras de Calophrys macropterus en las tres localidades*

Se analizó la relación entre los valores de concentración de mercurio total Hg (mg/kg<sup>-1</sup>) en tejido de *Calophrys*

*macropterus* que sobrepasaron el valor de referencia establecido por la OMS (0,5 mg/Kg<sup>-1</sup>) y longitud (cm<sup>-1</sup>).

Los resultados determinaron que el 66% (N=68) de las 103 muestras reportadas por encima del valor referencia, se presentaron en peces entre 30-42 (cm<sup>-1</sup>) distribuidos en las localidades de Inírida 55,8% (N=38) y Bogotá 44,1% (N=30) (Figura 15).

Estos resultados evidencian altas concentraciones de mercurio total (Hg) en las muestras colectadas convirtiéndose en un factor de alto riesgo para la salud de los consumidores habituales de *Calophrys macropterus* en las tres localidad evaluadas. Los valores registrados posiblemente respondan a una extensa contaminación ambiental en la región Amazónica ocasionada por los vertimientos mercurio total (Hg) en diferentes estados (inorgánico y en aerosol) o methylmercurio (MeHg), producto en un 63% de actividades relacionadas con la



**Figura 14.** Relación entre los valores obtenidos para la concentración de mercurio total (Hg) y Peso (gr<sup>-1</sup>) en las muestras de *Calophrys macropterus* en las tres localidades.



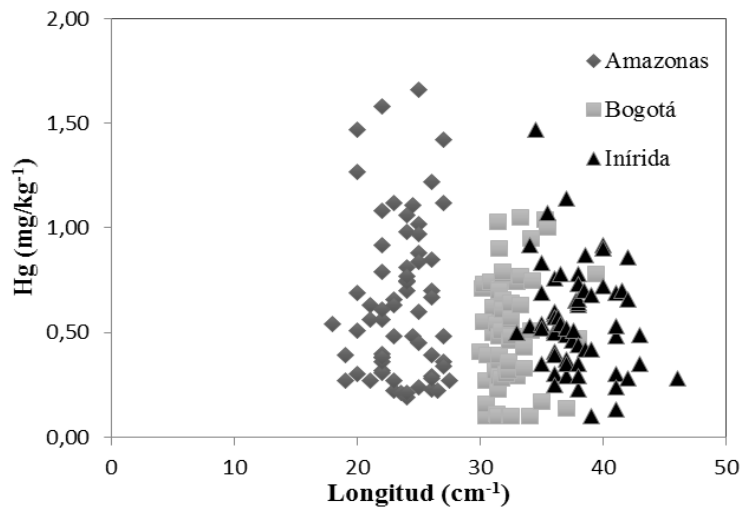


Figura 15. Relación entre los valores obtenidos para la concentración de mercurio total (Hg) y Longitud ( $\text{cm}^{-1}$ ) en las muestras de *Calophysus macropterus* en las tres localidades.

explotación minera aurífera estimada en  $3.000 \text{ Tn}^{-1}$  entre los años 1987 y 1994, con rango promedio aproximado entre 100 y  $200 \text{ Tn} \cdot \text{año}^{-1}$  (Cid de Souza y Bidone 1994; Aula *et al.* 1995; Guimaraes *et al.* 1995; Palheta *et al.* 1995; Barbosa *et al.* 1997; Boas *et al.* 1997; Kehrig *et al.* 1997; Lacerda 1997; Melamed *et al.* 1997; Veiga *et al.* 1997 y 1999; Guimaraes *et al.* 1998; Roulet *et al.* 1998, 1999, 2000, 2001; Artaxo *et al.* 2000; Guimaraes *et al.* 2000), 3% quema del bosque tropical y emisiones atmosféricas de mercurio (Hg) y el 31% restante ocasionado por procesos naturales como la remoción de sedimentos (Veiga *et al.* 1994 y Roulet Fadini *et al.* 1997). El uso de este metal se vuelve extenso durante el desarrollo de técnicas operaciones durante el proceso de amalgamiento en la minería de oro durante los años 1970 (Bahía *et al.* 2004). Investigaciones similares a esta han sido realizadas en las localidades de Jacareacanga, Brasilia y en cuenca del Tapajos en el estado de Pará, ríos Paraíba, Tocantins, Madeira, Xingu (Brasil), Nambija (Ecuador) y la Guyana Francesa donde el vertimiento de este metal ha ocasionado altas concentraciones en el aire, suelo, sedimentos, peces, y humanos, estableciendo altos niveles de mercurio total (Hg) bioacumulado en peces que son empleados habitualmente en la dieta de las comunidades ribereñas, registrando valores de concentración por encima de los estándares internacionales determinado por la OMS (Pfeiffer *et al.* 1989; Malm, 1995, 1997; Barbosa *et al.* 1997; Lebel *et al.* 1997a; Lenchler *et al.* 2000; Amorin *et al.* 2000; Uryu *et al.* 2001; Requelme *et al.* 2002; Passos *et al.* 2003; Tchounwou *et al.* 2003). Sin embargo la relación entre la dieta basada en peces y la exposición humana ha recibido limitada atención en la región (Lebel *et al.* 1997 y Roulet *et al.* 2001). Siendo ampliamente conocida las afectaciones neurofuncionales al sistema nervioso en humanos debido a la exposición a altas concentraciones de mercurio total (Hg) y methylmercurio (MeHg) (USEPA 1989; Leino *et al.* 1995; Clarkson 1994; Watanabe y Satoh 1996). Este elemento se

encuentra listado entre los seis químicos más peligrosos en el mundo natural por el Programa Internacional de Seguridad Química (IPCS) (Castihos *et al.* 1998). Finalmente investigaciones desarrolladas por Lebel *et al.* (1997a), Porvorani (1995), Sousa Lima *et al.* (2000), dos Santos *et al.* (2000) y Uryu *et al.* (2001) han documentado que los peces del orden Siluriformes (Bagres) de hábitos omnívoros en el río Tapajos, Santarém (Pará), e hidroeléctrica de Tucurí en Brasil presentaron rangos de concentración de mercurio total (Hg) entre altas e intermedias, coincidiendo con los resultados obtenidos en esta investigación para Colombia con la especie *Calophysus macropterus* estableciendo como referencia la normatividad Colombiana y OMS.

El 57% (108) del total de las muestras de tejido de *Calophysus macropterus* analizadas a través del método de absorción atómica en valor en frío presentan niveles de mercurio total (Hg) por encima de la normatividad nacional y lo establecido como valor mínimo de referencia por la OMS ( $0,5 \text{ mg/Kg}^{-1}$ ) infiriendo de esta forma que el consumo habitual de la carne de este pez podría convertirse en un riesgo para la salud de sus consumidores. Los consumidores desconocen que se alimentan de una especie diferente al capaz (*Pimelodus grosskopi*), que la especie *Calophysus macropterus* (mota) presenta hábitos carroñeros y que debido a este rol ecológico tiende a bioacumular y/o magnificar en sus tejidos metales pesados como el mercurio (Hg) que podría convertirse en un problema de salud pública de esta población.

Esta actividad ha generado desde su documentación en el año 2004, conflictos de orden socioambiental dado el carácter ilegal de esta actividad, la falta de control fronterizo (Brasil, Perú y Venezuela) para la pesca y comercialización de esta especie además del desconocimiento de las actividades ambientalmente impactante ya que gran proporción de las pesquerías de

esta especie se realiza a través de capturas dirigidas a delfines de río, manatíes y caimanes que son empleados como carnada, principalmente en Brasil y Perú.

Se propone la articulación de las diferentes iniciativas regionales (moratoria brasilera, comunicación del INVIMA y recomendaciones de la AUNAP) para generar escenarios de conservación transfronterizos para la fauna asociada, los ecosistemas acuáticos de la cuenca del río Amazonas y salud pública de los habitantes del país. Esto se alinea con la posición de Colombia y Brasil en la comisión internacional brasilera para detener la matanza de delfines de río en los ecosistemas acuáticos asociados al río Amazonas y Orinoco.

### Agradecimientos

Esta investigación se realizó como parte del Programa de Conservación de Delfines de Río Suramérica auspiciado por Whitley Found for Nature, Foundation Segre y WWF-Colombia.

### Literatura citada

Agudelo, E., Y. Salinas, C. L. Sánchez, D. L. Muñoz – Sosa, J. C. Alonso, M. E. Arteaga, O. J. Rodríguez, N. R. Anzola, L. E. Acosta, M. Núñez y H. Valdés. 2000. Bagres de la Amazonia colombiana: un recurso sin fronteras. Fabrè, N. N., Donato, J. C. y J. C. Alonso (Eds.). Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Programa de Ecosistemas Acuáticos. Bogotá. 252 pp.

Amorin, M.I.M., Mergler, D., Bahia, M.O., Dubeau, H., Miranda, D., Lebel, J., Burbano, R.R., Lucotte, M. 2000. Cytogenetic damage related to low-levels of methylmercury contamination in the Brazilian Amazon. *An. Acad. Bras. Cien.* 72, 497-507 pp.

Artaxo, P., Calixto de Campos, R., Fernandes, T., Martins, J.V., Xiao, Z., Lindqvist, O., Fernández-Jiménez, M.T y W. Maenhaut. 2000. Large scale mercury and trace element measurements in the Amazon basin. *Atmospheric Environment* 34. 4085-4096 pp.

Aula, I., Braunschweiler, H y I. Main. 1995. The watershed flux of mercury examined with indicators in Tucurí reservoir in Pará, Brazil. *The Science of the Total Environment*. 175: 97-107 pp.

Bahía-Oliveira, M., Corvelo, C.C., Mergler, D., Burbano, R.R., Lima, P.D.L., Cardoso, P.C.S., Lucotte y I.M. Amorim. 2004. Environmental Biomonitoring Using Cytogenetic Endpoints in a Population Exposed to Mercury in Brazilian Amazon. *Environmental and Molecular Mutagenesis*. 44:346-349 pp.

Barbosa, C.A., García A.M., De Souza, J.R. 1997. Mercury contamination in hair of riverine populatins of Apiacás Reserve in the Brazilian Amazon. *Kluwer Academic Publishers*. 97: 1-8 pp.

Barbosa, A. C y J. G. Dórea. 1998. Indices of mercury contamination during breast feeding in the Amazon Basin. *Environmental Toxicology and Pharmacology* 6. 71-79 pp.

Barthem, R. y M. Goulding. 1997. *The Catfish Connection. Ecology, migration and conservation of Amazonan predators.* Columbia University Press, New York. USA. 120 pp.

Bermúdez-Romero A.L., Trujillo F., Solano C., Alonso J.C., Ceballos-Ruiz B.L. (eds). 2010. Retos locales y regionales para la

conservación de la fauna acuática del sur de la Amazonia colombiana. Corpoamazonia, Instituto SINCHI, Fundación OMACHA, Fundación NATURA. Bogotá. Colombia. 150 pp.

Boas-Villas, R.C. 1997. The mercury problem in the Amazon due to gold extraction. *Journal of Geochemical Exploration*. 58: 217-222 pp.

Camacho, K. 2006. La pesca del bagre pintadillo rayado *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus 1766): aspectos del conocimiento local, de la biología pesquera y de os parámetros poblacionales en el alto río Amazonas (sector de Leticia – Colombia). Tesis MSc. Universidad Nacional. Leticia. 145 pp.

Castro, D. 1994. Peces del río Putumayo, Sector de Puerto Leguizamo. Corporación Autónoma Regional del Putumayo. 174 pp.

Cid de Souza, T.M y E.D. Bidone. 1994. Estimativa do consume global de merúrio nos garmpos do estado do Pará, 1980-1993. 38ª Congreso Brasileiro de Geología, Cambó.

Clarkson, T.W. 1994. The toxicology of mercury and its compounds. In: In: Watras, C.J., Huckabee, J.W. (Ed) *Mercury pollution: Integration and synthesis.* Lewis Publishers, Boca Raton, Florida, USA, 727 p.

Dos Santos, Luciane do S.N., Müller, R.C.S., Sarkis, J.E., Alves, C.N., da S. Brabo, E., Santos, E.O y M.H. da S. Bentes. 2000. Evaluation of total mercury concentrations in fish consumed in the municipality of Itaituba, Tapajós River Basin, Pará, Brazil. *The Science of the Total Environment*. 261: 1-8 pp.

Estupiñán, G., Marmontel, M., De Queiroz, H., Souza, P. R., Valsecchi, J., et al. 2003. A pesca da piracatinga (*Calophysus macropterus*) na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá. Relatorio Técnico. Ministério da Ciência e Tecnologia, Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá. Tefé, Brasil.

Fernández-Baca, J. 1998. Amazonian fisheries: socio economics issues and management implications. *Environmental Economics Programme.* Lima, Perú.

Ferreira, E. J., J. A. Zuanon y G. M. Do Santos. 1998. Peixes comerciais do meio Amazonas: região de Santarém, Pará. Ministerio do medio ambiente, dos recursos hídricos e da Amazônia legal. IBAMA, Brasilia. 211 pp.

Galvis, G., J. Mojica, F. Provenzano, C. Lasso, D. Taphorn, R. Royero, C. Castellanos, A. Gutiérrez, M. Gutierrez, y López, L. M. Mesa, P. Sánchez y C. Cipamocha. 2007. Peces de la Orinoquia Colombiana con énfasis en especies de interés ornamental. *Incoder.* Universidad Nacional. SINCHI. Bogotá, Colombia. 425 pp.

Galvis, G., J. I. Mojica, S. R. Duque, C. Castellanos, P. Sánchez-Duarte, M. Arce, A. Gutiérrez, L. F. Jiménez, M. Santos, S. Vejarano, F. Arbeláez, E. Prieto y M. Leiva. 2006. Peces del medio Amazonas: Región Leticia. *Conservación Internacional. Serie de Guías Tropicales de Campo* 5. Bogotá, Colombia. 546 pp.

García, V. H. y H. Calderón. 2006. Peces de Pando, Bolivia. Especies de importancia comercial en mercados de la ciudad de Cobija. Especímenes capturados en ríos Tahuamanu – Manuripi – Orthon. Centro para la Investigación y Preservación de la Amazonía CIPA; Universidad Amazónica de Pando; The Field Museum; Gordon and Betty MOORE foundation; CIPA. 50 pp.

Gómez, C., F. Trujillo, M. C. Diasgranados y J. C. Alonso. 2008. Capturas dirigidas de delfines de río en la Amazonia para la

- pesca de mota (*Calophysus macropterus*): un problema regional de gran impacto. Pp. 39-75. En: Trujillo, F., J. C. Alonso, M. C. Díazgranados y C. Gómez (Eds.). Fauna Acuática Amenazada en la Amazonia colombiana. Análisis y propuestas para su conservación. Fundación Omacha. Fundación Natura. Instituto SINCHI. Coorpoamazonia. Bogota, Colombia.
- Guimaraes, J.D.R., Malm, O., Pfeiffer, W. A. 1995. Simplified radiochemical technique for measurement of net mercury methylation rates in aquatic systems near goldmining areas, Amazon, Brasil. *Sci Total Environ* 172: 151-162 pp.
- Guimaraes, J.R.D., Meili, M., Malm, O., Souza Brito, E.M. 1998. Hg methylation in sediments and flooding meadows of a tropical lake in the pantanal floodplain, Brazil. *Sci. Total Environ.* 213, 165-175 pp.
- Guimaraes, J.D.R., Meili, M., Hylander, L.D., De Castro e Silva, E., Roulet, M., Narvaez-Mauro, J.B. Alves de Lemos, R. 2000. Mercury net methylation in five tropical flood plain regions of Brazil: high in the root zone of floating macrophyte mats but low in surface sediments and flooded soils. *The Science of the Total Environment.* 261. 99-107 pp.
- Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. 2010. Base de datos del proyecto "Investigación científica para la promoción de la gestión compartida de los ecosistemas y recursos naturales de la Amazonia Colombiana". Leticia.
- Junk, W. 1986. Ecology, fisheries and fish culture in Amazonia. Pp. 443-476. En: Sioli, H. (Ed.). *The amazon limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin.*
- Kehrig, H.A., Malm, O y H. Akagi. 1997. Methylmercury in hair samples from riverine groups, Amazon, Brazil. *Water, Air and Soil Pollution.* 97: 17-29 pp.
- Lacerda, L.D. 1997. Evolution of mercury contamination in Brazil. *Wat Air Soil Pollut.* 97: 247-255 pp.
- Lasso, C., J. I. Mojica, J. S. Usma, J. Maldonado, C. DoNascimento, D. Taphorn, F. Provenzano, O. Lasso-Alcalá, G. Galvis, L. Vásquez, M. Lugo, A. Machado-Allison, R. Royero, C. Suarez y A. Ortega-Lara. 2004. Peces de la cuenca del río Orinoco. Parte I: Lista de especies y distribución por subcuencas. *Biota Colombiana* 5 (2): 95-158.
- Lasso, C., J. S. Usma, F. Villa, M. T. Sierra-Quintero, A. Ortega-Lara, L. M. Mesa, M. A. Patiño, O. M. Lasso-Alcalá, K. González-Oropesa, M. P. Quiceno, A. Ferrer y C. F. Suárez. 2009. Peces de la Estrella Fluvial Inírida: ríos Guaviare, Inírida, Atabapo y Orinoco, Orinoquía colombiana. *Biota Colombiana* 10 (1-2): 89-122.
- Lasso, C. A., E. Agudelo Córdoba, L. F. Jiménez-Segura, H. Ramírez-Gil, M. Morales-Betancourt, R. E. Ajiaco-Martínez, F. de Paula Gutiérrez, J. S. Usma Oviedo, S. E. Muñoz Torres y A. I. Sanabria Ochoa (Editores). 2011. I. Catálogo de los recursos pesqueros continentales de Colombia. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia, 715 pp.
- Lebel, J., Roulet, M., Mergler, D., Lucotte, M y F. Larribe. 1997. Fish diet and mercury exposure in a riparian amazonian population. *Water Air Soil Pollut.* 97, 31-44 pp.
- Maldonado-Ocampo, J. y H. Ramírez. 2006. Hábitos alimenticios de *Pygocentrus cariba* y *Chalceus epakros* (Pisces, Characiformes: Characidae) en dos localidades de la baja Orinoquia colombiana. *Memorias de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales.* 164: 129-141.
- Malm, O., Castro, M.B., Bastos, W.R., Branches, F.J.P., Guimares, J.D.R., E., Zufo, C y W.C. Pfeiffer. 1995. An assesment of Hg pollution in diferent goldmining areas, Amazon, Brazil. *Sci Total Environ*, 17p.
- Malm, O., Guimares, J.R.D., Castro, M.B., Bastos, W.R., Viana, J.P., Pfeiffer, W.C. 1997. Follow-up of mercury levels in fish, human hair and urine in the Madeira and Tapajós basins, Amazon, Brazil. *Water Air Soil Pollut.* 97: 45-51 pp.
- Melamed, R y R.C. Villas Boas. 1998. Phosphate-background electrolyte interaction affecting the transport of mercury through a Brazilian Oxisol. *The Science of the Total Environment.* 213: 151-156 pp.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural – MADR, Corporación Colombia Internacional – CCI. 2010. Pesca y Acuicultura Colombia 2009. Corporación Colombia Internacional. Bogotá, Colombia. 70 pp.
- Niño, L. G. 2008. Estructura de tallas y algunos aspectos de la biología reproductiva del simí (*Calophysus macropterus*) (Lichtenstein, 1819) (Pisces: Pimelodidae) durante dos épocas hidrológicas, en el área de frontera Colombia Perú Brasil. 85 pp.
- Normatividad y Legislación Nacional E Internacional. [http://www.fao.org/fishery/legalframework/nalo\\_colombiana/es](http://www.fao.org/fishery/legalframework/nalo_colombiana/es)
- Núñez-Avellaneda, M., E. Agudelo, J. C. Alonso y M. D. Escobar. 2007. Ecosistemas acuáticos. Pp. 71-91. En: Murcia, U. G. (Ed.). Balance anual sobre el estado de los ecosistemas y el ambiente de la Amazonia colombiana. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá.
- Palheta, D y T, Andrew. 1995. Mercury in environmental and biological samples from a gold mining area in the Amazon region of Brazil. *The Science of the Total Environment.* 168: 63-69 pp.
- Parente, V. M., Barros, J. F. & Farias, C. H. 2004. Bases para o manejo da pesca dos grandes bagres migradores. Socioeconomia. Relatório final. Ministerio do Meio Ambiente MMA, Programa Piloto para Proteção das Florestas Tropicais PPG7, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis IBAMA.
- Passos, C.J., Mergler, D., Gaspar, E., Morais, S., Lucotte, M., Larribe, F., Davidson, R y S. Grosbois. 2003. Eating tropical fruit reduces mercury exposure from fish consumption in the Brazilian Amazon. *Environmental Reserch.* 93: 123-130 pp.
- Pérez, A. 1999. Idade e crescimento da piracatinga: *Calophysus macropterus*, Lichtenstein, 1819 (Pises: Pimelodidae), na Amazonia central. Tesis Maestría. INPA-UFAM. 85 pp.
- Pérez, A. y Fabré, N. 2009. Seasonal growth and life history of the catfish *Calophysus macropterus* (Lichtenstein, 1819) (Siluriformes: Pimelodidae) from the Amazon floodplain. *Journal of Applied Ichthyology.* 25 (3): 343-349.
- Pfeiffer, W.C., Lacerda, L.D., Malm, O., Souza, C.M.M., Silveria, E y W.R. Batos. 1989. Mercury concentrations in land waters of gold-mining areas in Rodonia, Brazil. *Sci. Total Environ.*, 87/88. 233-240 pp.
- Porvorani, Petri. 1995. Mercury levels of fish in Tucuruí hydroelectric resevoir and in River Mojú in Amazonia, in the state of Pará, Brazil. *The Science of the Total Environment.* 175: 109-117 pp.
- Ramírez-Gil, H. y R. E. Ajiaco-Martínez. 1997. Aspectos preliminares de la biología pesquera del yaque, *Leiarius marmoratus* (Gill, 1870) (Pisces: Siluriformes: Pimelodidae) en la



- parte alta del río Meta (Orinoquia colombiana). Boletín Científico INPA 5:75-87 pp.
- Requelme-Ramírez, M.E., Ramos, J.F.F. Angélica, R.S y E.S. Brabo. 2003. Assessment of Hg-contamination in soils and stream sediments in the mineral district of Nambija, Ecuadorian Amazon (example of an impacted area affected by artisanal gold mining). *Applied Geochemistry*. 18: 371-381 pp.
- Roulet, M., Lucotte, M., Canuel, R., Rheault, I., Tran, S., De Freitas Gog, Y.G., Farella, N., Souza do Vale, R y M. Amorim. 1997. Distribution and partition of total mercury in waters of the Tapajós River Basin, Brazilian Amazon. *Sci. Total Environ*.
- Roulet, M., Lucotte, M., Farella, N., Serique, G., Coelho, H., Sousa Passos, C.J., De Jesus da Silva, E., Scavone de Andrade, P., Mergler, D y M. Amorim. 1998. Effects of recent human colonisation on the presence of mercury in Amazonian Ecosystems. *Water Air Soil Pollut*.
- Roulet, M., Lucotte, M., Farella, N., Serique, G., Coelho, H., Sousa-Passos, C.J., Da Silva, J.E., Scavone de Andrade, P., Mergler, D., Guimaraes, J.R y M. Amorim. 1999. Effects of recent human colonization on the presence of mercury in Amazonian ecosystems. *Water Air Soil Pollut*. 112, 297-313 pp.
- Roulet, M., Lucotte, M., Guimaraes, J.R.D., Rheault, I. 2000. Methylmercury in the water, seston and epiphyton of an Amazonian river and floodplain. *Sci. Total. Environ*. 261, 43-59 pp.
- Roulet, M., Maury-Brachet, R. 2001. Le mercure dans les organismes aquatiques amazoniens. In: Carmouze, J.P., Lucotte, M., Boudou, A. (Eds). *Le mercure en Amazonie*. IRD, Paris, France. 203-271 pp.
- Ruffino, M. L. 2005. *Gestão do uso dos recursos pesqueiros na Amazônia*. ProVárzea, IBAMA. Manaus, Brasil.
- Salinas, Y. y E. Agudelo. 2000. Peces de importancia Económica de la Cuenca Amazónica colombiana. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas, SINCHI. Serie, Estudios Regionales de la Amazonia Colombiana. Programa de Recursos Hidrobiológicos. Bogotá - Colombia. 140 pp.
- Santos, G., E. Ferreira y J. Zuanon. 2006. *Peixes comerciais de Manaus*. IBAMA/AM; ProVárzea. 135 pp.
- Salinas, C., Cubillos, J. C., Gómez, R., Trujillo, F y S. Caballero. 2013. Pig in a poke (gato por liebre)": The "mota" (*Calophrys macropterus*) Fishery, Molecular Evidence of Commercialization in Colombia and Toxicological Analyses. *EcoHealth* DOI:10.1007/s10393-013-0893-8
- Silva, V. M. F y R. C. Best. 1996. Freshwater dolphin/fisheries interaction in the Central Amazon (Brasil). *Amazonia*. XIV (1/2):165-175 pp.
- Sousa Lima, A.P., Sarkis-Müller, R.C., Souza-Sarkis, J.E., Nahum Alves, C., da Silva Bentes., Brabo, E y E de Oliveira-Santos. 2000. Mercury Contamination in Fish from Santarém, Pará, Brazil. *Environmental Reserch Section A* 83, 117-122 pp.
- Tchounwou, P.B., Ayensu, W.K., Ninashivili, N., Sutton, D. 2003. Environmental exposure to mercury and its toxicopathologic implications for public health. *Environ Toxicol*. 18:149-175 pp.
- Tuja Leino, Martin Lodenius. 1995. Human hair mercury levels in Tukurí area, State of Pará, Brazil. *The Sience of the Total Enviroment*.175: 119-125 pp.
- Trujillo, F., Lasso, C. A., Diazgranados, M.C., Farina, O., Pérez, L. E., Barbarino, A y M. González. 2005. Evaluación de la contaminación por mercurio en peces de interés comercial y de la concentración de organoclorados y organofosforados en el agua y sedimentos de la Orinoquia. *Biodiversidad de la cuenca del Orinoco*. 191 pp.
- Trujillo, F. y C. Gómez. 2005. Pesca de mota (*Calophrys macropterus*) usando delfines y caimanes como carnada en el Amazonas. Reporte Fundación OMACHA - Corpoamazonía. Leticia Amazonas. Capítulo 1. 26 pp.
- Trujillo, F., Crespo, E., Van Damme, P. y J.S. Usma (Editores). 2011. Plan de Acción para la conservación los Delfines de Río en Sudamérica. Resumen ejecutivo y avances 2010 - 2020. WWF, Fundación Omacha, WDS, WDSCS, Solamac. Bogotá, D.C., Colombia. 104 pp.
- Uryu, Yumiko., Malm, O., Thornton, I., Paynes, I y D. Cleary. 2001. Mercury Contamination of Fish and Its Implications for Other Wildlife of the Tapajós Basin, Brazilian Amazon. *Conservation Biology*. 438-446 pp.
- USEPA-Enviromental Protection Agency (1989). *Risk Assessment Guidance For Superfund vol 1*. Chapt. 6, Washington, 1-54 pp.
- Usma, M. C., J. S. Usma, B. E. Arias y Comunidad indígena Tío Silirio. 2009. Plantas y animales silvestres aprovechadas por la comunidad Tío Silirio. Santiago de Cali, Colombia. Corporación Ecofondo- Convenio con el Estado de los Países Bajos (Holanda) - Cabildo Indígena Tío Silirio - WWF Colombia. 94 pp.
- Veiga, M., Meech, J.A y N. Onate. 1994. Mercury pollution from deforestation. *Nature*. 368, 816-817 pp.
- Veiga, M.M. 1997. Introducing new technologies for abatement of global mercury pollution in Latin America. UNIDO/UBC/CETEM/CNPq, Rio de Janeiro.
- Veiga, M.M., Hilton, J.J., Lilly, C. 1999. Mercury in the Amazon: A comprehensive review with special emphasis on bioaccumulation and bioindicadores, In: *Proceeding of the National Institute for Minamata Disease Forum*, Minamata, Japan. 19-39 pp.
- Watanabe, C y H, Satoh. 1996. Evolution of our understanding of methylmercury as a health threat. *Environ Health Perspec*. 104 (supp.2): 367-379 pp.