

Amazonía peruana en riesgo por presencia de mercurio en el río Napo

Duma L. Rengifo Pinedo¹, Wilson Reyes Lázaro.²

¹Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, UNAP, dumafarma@gmail.com

²Universidad Nacional de Trujillo, UNT, wirela54@gmail.com

Recibido: 15-01-2016

Aceptado: 03-08-2016

RESUMEN

Se ha investigado la problemática ambiental generada por el manejo inadecuado de mercurio proveniente de actividades mineras en la amazonia, especialmente las realizadas en forma artesanal en la zona del Bajo Napo. El propósito, fue identificar la presencia de mercurio en pescado, agua y sedimentos presentes en río Napo. La investigación es cuantitativa, diseño no experimental-transversal. El área de estudio fue el río Napo-Loreto, siendo escogida para su monitoreo cuatro estaciones durante la época de estiaje: Mazan, Nuevo Libertad, San Luis, Santa Clotilde. La cuantificación de mercurio se realizó mediante espectrofotometría de absorción atómica con generador de hidruros. Los análisis reportaron que el contenido de mercurio en peces se encuentra entre 0.004-1.936 mg/kg y en aguas entre 0.023-0.027 mg/L, sin embargo en peces de las especies Lisa y Sábalo, sobrepasaron la concentración máxima permitida de 1.0 mg/kg de mercurio según la FDA. Además el contenido de mercurio encontrado en agua supera a lo establecido en los Estándares Nacionales-MINAM (0.0001 mg/L de Hg). Inclusive superando lo reportado por DIGESA en Octubre-2003 y Noviembre-2010, cuyo reporte es 0.00002 mg/L de Hg, valores obtenidos de Santa Clotilde, San Luis y Mazan, en la cuenca del río Napo. En sedimentos se encontró que el 93.75% de muestras fueron mayores a 1.0 mg/kg de mercurio. Por lo que se confirma presencia importante de mercurio en el río Napo, niveles que exceden los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental.

Palabras clave: Mercurio, Sábalo, Lisa, Toxicidad, Calidad ambiental, Río Napo.

ABSTRACT

It has investigated the environmental problems caused by improper handling of mercury from mining activities in the Amazon, especially those in traditional way in the Lower Napo. The purpose was to identify the presence of mercury in fish, water and sediments in Napo River. The research is quantitative, non-cross experimental design. The study area was the river Napo-Loreto, being chosen for monitoring four seasons during the dry season: Mazan, Nuevo Libertad, San Luis, Santa Clotilde. The quantification of mercury was performed by atomic absorption spectrometry with hydride generator. The analysis reported that mercury content in fish is among 0004-1936 mg / kg and in water between 0023-0027 mg / L, however in fish species Lisa and Sabalo, they exceeded the maximum allowable concentration of 1.0 mg / kg of mercury according to the FDA. Besides the content of opposing mercury in water overcomes to that settled down in the Standars National-MINAM (0.0001 mg/L of Hg). Even surpassing those reported by DIGESA in October, 2003 and November 2010, whose report is 0.00002 mg/L Hg, values obtained from Santa Clotilde, San Luis and Mazan, in the Napo River basin. Sediment was found that 93.75% of samples were higher than 1.0 mg / kg mercury. So important presence of mercury in the Napo River levels exceeding the National Environmental Quality Standards is confirmed.

Key words: Mercury, Sabalos, Lisa, Toxicity, environmental quality, Napo River.

I. INTRODUCCIÓN

El manejo inadecuado de los materiales y residuos peligrosos ha generado a escala mundial, un problema de contaminación de suelos, aire y agua. Entre las más severas se destacan las que se producen a causa de la extracción y el manejo de los recursos minerales.

En Loreto, se desarrollan dos actividades mineras importantes: la actividad petrolera (exploración y extracción) y la actividad aurífera informal, que es realizada en forma artesanal utilizando dragas y cargadores frontales en la zona del Bajo Napo. La incertidumbre sobre la situación actual de estas actividades es en lo referente al impacto generado al medio ambiente, lo cual motiva investigar sobre la presencia de mercurio en aguas, sedimentos y peces del río Napo, él se encontraría en estado precipitado, acumulado y/o bioacumulado, lo cual constituye un riesgo muy alto para la vida y la salud humana de esta zona, hay que considerar los graves efectos tóxicos que produce el mercurio y que son en gran medida irreversibles.

Los metales pesados son considerados los contaminantes más problemáticos de los ecosistemas acuáticos, siendo una de las razones, su capacidad para formar complejos con la materia orgánica presente tanto en el agua como en los sedimentos y por la tendencia de estos elementos metálicos de fijarse en los tejidos de los organismos expuestos. Los metales pesados en aguas naturales pueden existir en la forma de iones libres, unidos a carbonatos solubles, sulfuros, hidróxidos, cloruros o sulfatos y como complejos solubles con ligandos Orgánicos

(Ramírez, 2008:46), describe sobre los efectos por mercurio: "...es un metal pesado ampliamente utilizado por el hombre, es muy tóxico; produce daño al sistema nervioso central, perturbaciones del comportamiento y lesiones renales. Se acumula en los seres vivos y no es esencial en ningún proceso biológico. La toxicidad está directamente relacionada con su estado químico. El metilmercurio es la forma más dañina, con efectos neurotóxicos en adultos y en fetos de madres expuestas. El mercurio metálico no es menos tóxico. Las sales de mercurio inorgánico afectan directamente al riñón. Clínicamente, en la exposición ocupacional el mercurio se encuentra en la triada clásica: temblor, alteración de la personalidad y estomatitis. Se ha demostrado también alteración en la visión cromática. La exposición aguda se evalúa midiendo el mercurio en la sangre, mientras que la exposición crónica y ocupacional se determina mejor dosándola en orina homogenizada de 24 horas. Los quelantes del metal-BAL, sus derivados o la D-penicilamina- son usados para tratar la intoxicación aguda o crónica..."

(Morales, y col., 2002:27), determinaron: "...la presencia de mercurio en la especie ***Salmo gardnerie irides*** (trucha) y en aguas de la laguna suches afluente del lago Titicaca (método de espectrofotometría de absorción atómica por generación de vapor frío utilizando técnicas de Oxido-Reducción). Para la preparación de las muestras. En 30 muestras de peces y en 25 muestras de agua de la laguna de suches determinaron que el 100% presentan contaminación, el tamaño de muestra, fue limitado por la poca accesibilidad de la zona al estar circundada por minas pertenecientes al sector privado. La concentración de mercurio en peces fue de 0.104 ppm y en agua de 0.398 ppb..."

(Watras *et al.*, 1998:3), y (Wade *et al.* 1993:8), mencionan que "...la relación de metilmercurio en el tejido de los peces respecto al agua puede ser extremadamente grande. Este fenómeno no obedece a procesos de partición entre el agua y los tejidos, sino a la biomagnificación a través de la cadena alimenticia. Además de la influencia del nivel trófico o de la especie, hay otros factores de importancia en la bioacumulación y biomagnificación del mercurio tales como la edad del pez, la actividad microbológica, el contenido de materia orgánica y azufre en el sedimento, así como la salinidad, el pH y el potencial redox del cuerpo de agua..."

El Reglamento para la Protección Ambiental en las actividades minero - metalúrgicas, D.S. N°016-93-EM y D.S. N°059-93-EM en el Capítulo IV - Normas Ambientales, artículo 30 establece que: "En los Estudios de Impacto Ambiental y/o Programas de Adecuación y Manejo Ambiental de la actividad de beneficio asociada a las operaciones de dragado y explotación de placeres, se debe tomar en consideración y cuantificar los aspectos siguientes:

1. Control de desplazamiento de sedimentos
2. Calidad de las descargas de agua en puntos aguas abajo de la operación y/o puntos fijados en los contratos suscritos con el Ministerio de Energía y Minas.

3. Caudales y temporadas de desvíos de las corrientes de agua.

4. Descarga de residuos.

(Álvarez, 2003:4), afirma: "... los estudios realizados por la DIGESA del Ministerio de Salud sobre contenido de mercurio en la sangre, pelo y orina de pobladores del Nanay revelan en un gran porcentaje de la población del alto Nanay, que en algunas comunidades supera al 90%, los niveles de mercurio son superiores a los umbrales máximos permisibles establecidos por la Organización Mundial de la Salud. Sin embargo, estos análisis realizados en Lima sólo pueden detectar mercurio inorgánico, y no así el orgánico, o mono-metil mercurio, que es mucho más tóxico y es asimilado por los organismos vivos a una tasa 100 veces superior. El mercurio metálico representa menos del 20% del mercurio total en los humanos, por lo que las tasas de contaminación reales por mercurio en la población serían, cuanto menos, cinco veces superiores a los datos publicados por la DIGESA...", por lo que el incremento de la presencia de dragas en los ríos de la región está directamente relacionado con el incremento del contenido de mercurio en el agua y los sedimentos del río, podemos razonablemente inferir que con la operación de unas pocas decenas de dragas en los ríos el riesgo para la salud humana es muy alto.

Particularmente cuando se trata de intoxicación por metales pesados como el mercurio u otros, que son bioacumulables y cuyos gravísimos efectos sobre el organismo humano son en gran medida irreversible e involucrando incluso malformaciones genéticas, es lo que nos permite ser parte de esta problemática y nos da muchas razones para sospechar sobre la existencia de contaminación de nuestros recursos hídricos, los factores pueden ser varios pero la presencia de dragas en los ríos de nuestra amazonia, nos han conducido a plantear la siguiente interrogante:

¿Cuál es el contenido de mercurio en peces, aguas y sedimentos en el río Napo (Santa Clotilde-Mazan) de la Región Loreto, periodo 2010 al 2012?

La contaminación del agua puede ser de múltiples formas, según la procedencia de los desechos; por sedimentos, materia orgánica, biocidas, metales pesados y otros elementos tóxicos que provocan distintos grados de impactos sobre las características físico-químicas propias del agua, sobre la flora, la fauna y el hombre. Investigaciones del (CIED, 1993:56) en la Cuenca de Nanay, reporta que en la extracción aurífera, la mediana minería en la selva peruana arroja 3 toneladas de mercurio al año; la pequeña minería arroja otro tanto, en total son 6 toneladas por año, lo que equivale aproximadamente a 24 kilos de mercurio por kilómetro cuadrado de río, esta es la cantidad de mercurio que se introduce a las aguas amazónicas cada año, durante el proceso de separación, el mercurio se evapora y estos vapores generan una contaminación directa en los trabajadores; otra parte es depositada en las aguas, ingresando así en la cadena trófica y llegando a la población que los consume.

Existe mucha información que indica que el mercurio presente especialmente en peces, en concentraciones perjudiciales para los seres humanos y en la flora y fauna silvestres, se debe a dos efectos o procesos naturales conocidos como bioacumulación; que significa acumulación neta en un organismo de metales provenientes de fuentes bióticas (otros organismos) o abióticas (suelo, aire y agua) y biomagnificación, que viene a ser la acumulación progresiva de ciertos metales pesados (y otras sustancias persistentes) de uno a otro nivel trófico sucesivo y si a esto relacionamos los estudios realizados (Pouilly M. y col, 2004:2) quien relacionó la bioacumulación del mercurio en relación al tamaño de los individuos es mucho más preocupante pues implica a relacionar que mientras más grandes son los organismos mayor es su tasa de mercurio, y éstos son los más apreciados tanto para el consumo como para la comercialización. Lo que se menciona está ocasionado actualmente que en algunos países ya exista recomendaciones sobre el consumo de pescado, sobre todo los subgrupos vulnerables (como mujeres embarazadas y niños) reduzca o evite el consumo de ciertos tipos de pescado provenientes de distintas aguas. No es probable que el consumo moderado de pescado (con niveles bajos de mercurio) ocasione exposiciones de consideración. En cambio, la población que consume grandes cantidades de pescados contaminados puede quedar muy expuesta al mercurio y en riesgo. Por tal motivo es importante conocer el contenido de mercurio en peces, sedimentos y aguas, objetivo de este trabajo para obtener un diagnóstico del ecosistema, propósito que nos conducirá a mejorar las condiciones de vida de los pueblos aledaños como Mazan, Nuevo Libertad, San Luis y Santa Clotilde ubicados en la Región Loreto.

Esta es sin lugar a duda la motivación por la que se realizó la presente investigación; preocupados por la falta de acción de parte de autoridades y entidades responsables de esta supervisión, nos hemos visto involucrados en la búsqueda de resultados creíbles y reproducibles para brindar información que pueda ser utilizado para replantear las gestiones, acciones, directivas y también actitudes con lo que esperamos hacer notorio la necesidad de crear un centro especializado basados en la vigilancia permanente, monitoreo y análisis acreditados dedicado al rubro de servicios (varios). Así mismo continuar con estudios exhaustivos es decir mantenernos alertas, considerando niveles tróficos de especies, ensayos de biomagnificación y bioacumulación e incorporar otros bioindicadores (cabello, sangre, orina), la que nos debe confirmar la presencia y el tiempo de permanencia de este elemento en la cadena alimenticia o ecosistema y así poder identificar la fuente principal de contaminación con mercurio u otras sustancias igualmente tóxicas en nuestros ríos amazónicos los que están siendo puestos en riesgo por la falta de conocimiento y desarrollo desordenado e irresponsable del ser humano.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 OBJETO DE ESTUDIO

Se determinó el contenido de mercurio (Hg) en peces (músculo dorsal), agua y sedimentos procedentes del río Napo en el tramo Santa Clotilde a Mazan de la Región Loreto en época de vaciante (estiaje). El material de estudio fue, peces, agua y sedimentos las que fueron colectadas siguiendo los protocolos de muestreo de mercurio en cada una de las estaciones y se encuentran registradas en el mapa de ruta, en donde se muestra la ubicación geográfica del área de estudio y los puntos de muestreo

2.2 MEDIOS

Los medios utilizados para el desarrollo de la tesis fueron:
Mapa de Ruta, tamaño AA. Potenciómetro digital, Equipo de GPS,

El contenido de mercurio en aguas, sedimentos y peces fueron analizados por espectrofotometría de absorción atómica de flama AA Analyst 300, acoplado a un generador de hidruros y horno de grafito, se realizó en el Laboratorio de Servicios de Análisis a la Comunidad e Investigación de la Universidad Nacional de Trujillo – UNT.

2.3 MÉTODOS Y TÉCNICAS

La investigación de acuerdo al fin que se persigue es cuantitativa - aplicada y de tipo descriptiva-exploratoria. El diseño de la investigación es de tipo no experimental-transversal.

Descripción del Área de Estudio:

El área de estudio es el río Napo ubicada en la región Loreto, comprende cuatro (4) estaciones: Mazan, Nuevo Libertad, San Luis, Santa Clotilde. Ver Fig. 1

Especímenes de estudio:

Se consideró la evaluación de aguas, sedimentos y peces del río Napo. Especímenes: bagres (*Pimelodella* sp.), sábalo (*Brycon* sp.) y lisa (*Calossomani* sp.).

Recolección y tratamiento previo de la muestra:

La recolección de las muestras materia de investigación, se realizó durante el periodo de vaciante, colectadas al azar de acuerdo a la visita previa al monitoreo. Todo el material utilizado fue sometido a limpieza química: enjuagado con agua destilada y dejado durante 24 horas en una solución de HCl 5%, (material plástico) y HNO₃ al 5% (material vidrio), posteriormente fue enjuagado tres veces con

agua destilada y secado, dejando el material libre de impurezas y evitar posibles reacciones u provocar interferencias durante la evaluación (Sadiq, 1991:6).

Protocolo de muestreo durante el monitoreo

Aguas. La toma de muestras in situ (río), fueron realizadas en contracorriente, según el protocolo de muestreo, se recepcionó en frascos de vidrio, etiqueto y se acondicionó su traslado. Las muestras fueron colectadas en puntos representativos (a superficie, 30 cm bajo superficie, 100cm bajo superficie) de las tres partes del río Napo, (margen izquierdo, medio, margen derecho) del cuerpo principal.

Peces. Los especímenes colectados durante el monitoreo fueron: bagres, sábalo y lisa, a los que se midió la longitud estándar y peso de cada individuo y se tomo una muestra de músculo dorsal que se almacenó de forma individual en frascos de polímero de etileno-propileno (PEP) y se conservó a menos de 4°C para evitar su degradación, hasta la determinación de concentración de mercurio en tejido, se colecto 13 individuos: bagres (2), lisa (6) y sábalos (5), peces que fueron adquiridos en el mercado de abasto de la estación de Mazan (E1).

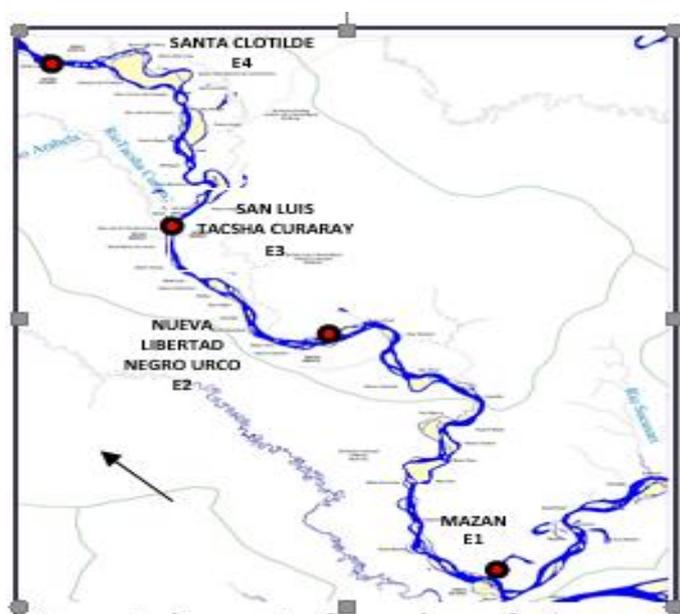


Fig. 1 Monitoreo en Mazan-Santa Clotilde, río Napo

Sedimentos. La obtención de sedimentos se realizó empleando una draga tipo Ekman (pequeño) en forma manual a orilla del río, como se describe en el mapa de ruta. En algunos casos la muestra se recolectó por inmersión o penetración. Los sedimentos fueron colocados en bolsas plásticas de medio Kg, cerrando las mismas con cuidado para evitar la presencia de burbujas de aire. Una vez rotuladas fueron almacenadas en hielo y transportadas al laboratorio de la ciudad de Iquitos para ser secadas a temperatura de 40 °C por 24 horas. El sedimento seco fue tamizado y la fracción menor a 63 μm se envaso y se refrigeró hasta su posterior análisis. Se tomaron 13 muestras de sedimento, como a continuación se refiere.

Así también para evaluar y analizar el comportamiento de sedimentación natural del mercurio, se planteó dividir el área de estudio en dos zonas, margen derecho y margen izquierdo, las cuales fueron incluidas en las estaciones respectivas, (ver Fig. 1).

Digestión ácida, durante este proceso de digestión, previa oxidación y mineralización las muestras son solubilizadas y el mercurio es liberado por reducción de la matriz biológica o ambiental, (MINAM, 2008:4). La evaluación de mercurio en las tres matrices consideradas para el estudio se realizó en base al método de la (AOAC, 1978: Método 977.15). En este proceso de digestión todas las muestras analizadas fueron digeridas utilizando una mezcla de ácidos nítrico y sulfúrico.

Para la digestión y cuantificación de Hg en **peces**, se pesó 1.5 g (base húmeda) de pescado al cual se agregó 5 ml de agua desionizada y 5ml de H₂SO₄ y HNO₃ (1:1) durante el calentamiento se adiciono gota a gota 2ml de Peróxido de hidrogeno al 30%, luego se dejó en reposo la mezcla de ácidos a temperatura ambiente durante 12 h. Luego terminado el proceso, se filtró y se preparó la dilución: 150ul de la solución acida en 10ml de agua desionizada, (CHAPMAN, 1992:7), para luego proceder a su cuantificación mediante el análisis por instrumentación (EAA-generador de hidruros).

En la muestra de **agua**, para la conservación del Análito (Hg) se adiciono HNO₃ y permaneció en refrigeración hasta su análisis. Luego se procedió a preparar la dilución: 200ul de la solución acida en 10ml de agua desionizada, para luego proceder a su cuantificación mediante el análisis por instrumentación (EAA-generador de hidruros).

La cuantificación de Hg en todas las matrices (peces, aguas y sedimentos) se realizó mediante Espectrofotometría de Absorción Atómica generador-hidruros (Magos y Clarkson, 1972:5). Efectuando un control de calidad y el Standard de Hg fue usado como material de referencia.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El objetivo de la investigación fue confirmar la existencia de mercurio en las tres matrices generalmente utilizadas como indicadores para la evaluación de la calidad ambiental en un sistema ecológico, nos referimos a un componente biológico importante los peces, el agua, y sedimentos los que constituyen elementos participantes activos en la biotransformación del mercurio, elemento muy dañino y causante de severas lesiones irreversibles en un organismo vivo.

Un total de 24 muestras de agua, 16 muestras de sedimento y 13 muestras de músculo dorsal de peces, pertenecientes a 3 especies representantes de 2 niveles tróficos: omnívoros y detritívoros. Hacen que el presente trabajo revele el estado de contaminación por mercurio de la cuenca del Bajo Napo a través de la estimación de las concentraciones de mercurio, teniendo a los tres mejores indicadores de calidad de un ecosistema.

Tabla 1. Resultados del contenido de Hg (mg/kg) en peces colectados en Santa Clotilde.

BAGRE		LISA		SABALO	
CODIGO	CONTENIDO	CODIGO	CONTENIDO	CODIGO	CONTENIDO
F1	0.637	F2	0.652	F-10	0.934
F14	0.080	F3	0.094	F-11	0.340
		F4	0.186	F-12	0.015
		F6	0.442	F-13	1.101
		F7	0.004	F-16	1.475
		F8	1.936		

En la Tabla 1, se reportan resultados de análisis en peces cuyo contenido de mercurio se encuentra entre 0.004 -1.936 mg/kg, siendo su valor promedio 0.607mg/kg y en aguas se encuentra entre 0.023 - 0.027 mg/L siendo su valor promedio 0.024 mg/L. Sin embargo en las muestras de peces de las especies Lisa (F8) y Sábalo (F13,F16), sobrepasaron el límite permisible de concentración máxima de 1.0 mg/Kg de mercurio establecido por la FDA (Food and Drug Administration) de los Estados Unidos de América. Ver Fig. 2.

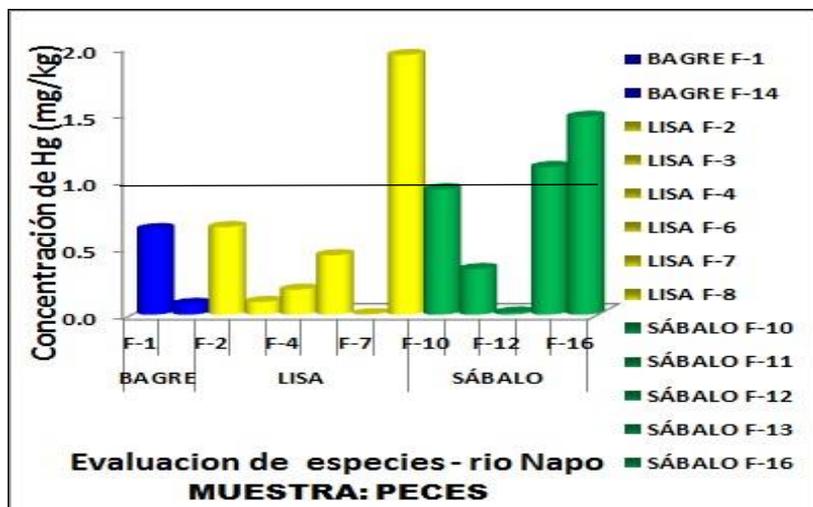


Fig. 2. Muestras que excedieron los límites de Hg en peces, establecidos por la FDA.

El promedio de consumo mensual de pescado en el ámbito local se encuentra entre 15 a 20 Kg de pescado por mes. $17,500 \text{ g} \times 0.607 \mu\text{g Hg/g} = 10,622.5 \mu\text{g Hg}$ mensualmente y $127,470 \mu\text{g Hg}$ al año. La retención de Mercurio por el consumo de pescado está por determinarse, sin embargo por consumo de Mercurio líquido la retención es del 0.01% en el tracto gastrointestinal. Si en el tracto gastrointestinal se retiene el 0.01% del consumo de pescado tenemos que: $127,470 \mu\text{g Hg}$ anual \times 0.01% = $12.747 \mu\text{g Hg}$ retenidas anualmente lo que excede a lo permisible por la Organización Mundial de la Salud (OMS) de $0.0014 \mu\text{g}$ de Hg anual. Según (Mergler, 1997: 31-44).

Tabla 2. Contenido de Hg mg/L en aguas – zonas estratificadas, margen derecho, medio e izquierdo y niveles de profundidad en las áreas de estudio

Ubicación	Margen Izquierdo (2m)		Medio		Margen Derecho (2m)	
	70cm	30cm	30cm	100cm	30cm	70cm
Mazan	0.025	0.023	0.024	0.024	0.023	0.025
Nvo Libertad	0.023	0.023	0.024	0.024	0.025	0.026
San Luis	0.024	0.025	*	0.022	0.024	0.023
Sta Clotilde	0.027	0.025	*	0.023	0.024	0.023

En las muestras de agua analizadas de las estaciones a diferentes niveles de profundidad, tal como se muestran en la Tabla 2 y la Fig. 3 el contenido de mercurio encontrado en estas zonas superan a lo establecido en los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (Mercader y col., 2006: 3), (MINAM, 2008:002) señala no mayor de 0.0001 mg/L de Hg, para los cuerpos de agua catalogados en la categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático (Selva). Aguas de preservación de fauna acuática y pesca recreativa o comercial, inclusive superando lo reportado por DIGESA, en Informe N°3527-06,

3527-07, 3527-12(2003) y N° 3935 (2010), cuyo reporte es 0.00002 mg/L de Hg, valores obtenidos de puntos de muestreos de Santa Clotilde, San Luis y Mazan, en la cuenca del río Napo.

Sin embargo, el resultado de análisis de los sedimentos, reportados en la Tabla 3, observamos que el contenido de Hg en la estación de Santa Clotilde sobrepasa los valores permisibles notándose un similar comportamiento en las diferentes estaciones de muestreo, lo que puede indicarnos la cercanía a la fuente contaminante o en su defecto la presencia de dragas o mineras informales, observándose en los resultados posteriores un comportamiento muy similar desde la estación de San Luis.

En la Fig. 3, se observa el nivel de mercurio superior al límite permisible, es decir valores mayores a 1.0 mg/Kg de Hg son aún más notables. Así mismo podemos destacar que el 93.75% de muestras fueron mayores a los valores permisibles de mercurio. Los estudios muestran que dependiendo de la descarga de Hg y de la dinámica del ecosistema, el mercurio en los sedimentos puede estar presente en concentraciones altas o disperso en un área amplia (Olivero y Solano, 1998:6)

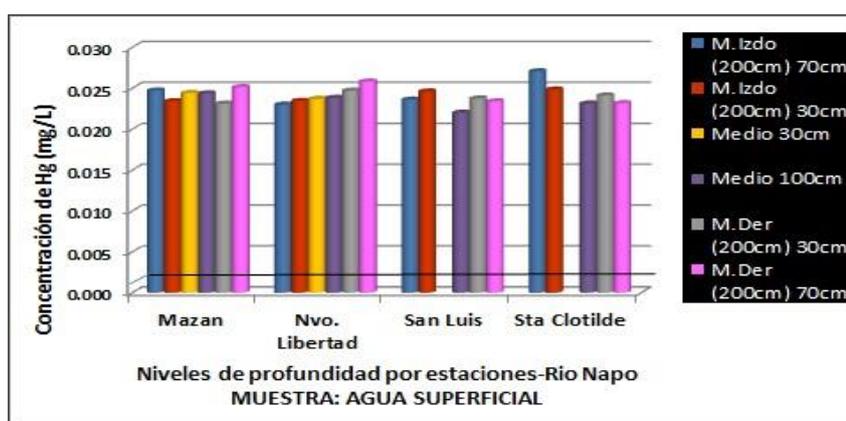


Fig. 3: Contenido de mercurio en aguas

Tabla 3. Contenido Hg en sedimentos en mg/kg

Ubicación	Margen Derecho		Margen Izquierdo	
	M.Der 4	M.Der 2	M.Izdo 2	M.Izdo 4
Mazan	1.0511	1.4726	0.9979	1.1234
Nvo Libertad	1.4491	1.1233	1.4601	1.1936
Sta Rosa	1.3944	1.2399	1.130	1.420
Sta Clotilde	1.473	1.4464	1.4698	1.4485

En la Tabla 3, los valores máximos de las concentraciones de mercurio, (1.47 mg/Kg), fueron encontrados a cuatro metros de la orilla del margen derecho del área de Santa Clotilde y a dos metros de la orilla del margen derecho de Mazan respectivamente. Siendo el margen derecho el área de mayor concentración de mercurio en esta zona. Similar concentración de mercurio (1.469 mg/Kg) se encontró a dos metros de la orilla del margen izquierdo de Santa Clotilde, área que predomina la concentración de mercurio en valores relativamente mayores de 1.40 mg/kg tanto para el margen izquierdo como para el margen derecho, ambos márgenes a diferentes distancias de cuatro y dos metros de la orilla respectiva. En las áreas de San Luis y Nuevo Libertad las concentraciones de mercurio se mantuvieron relativamente constantes. El valor promedio de mercurio en cada área: 1.16 mg/kg en Mazan, 1.31 mg/kg en Nuevo Libertad, 1.13 mg/kg en San Luis y 1.46 mg/kg para Santa Clotilde, diferenciándose así el valor promedio de 1.305 mg/kg de mercurio, encontrándose un valor

máximo de 1.47 mg/kg y mínimo desde 0.99 mg/kg de mercurio en el que corresponde al área a una distancia de dos metros de la orilla del margen izquierdo de Mazan, tal como se muestra en la Fig. 4.

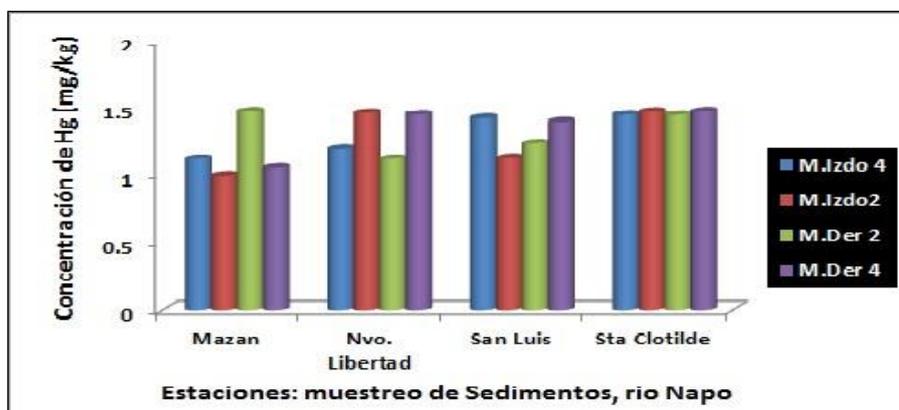


Fig. 4: Contenido de mercurio en sedimentos

IV. CONCLUSIONES

El mercurio se encuentra actualmente en diversos estratos y componentes biológicos del tramo estudiado (Santa Clotilde–Mazan) en niveles que afectan adversamente a la vida silvestre. La actividad cotidiana del hombre ha generalizado los casos de exposición a quien afecta indudablemente. Podríamos presumir que las prácticas del pasado dejaron un legado de mercurio como depósito en nuestros ríos, los que en algún momento podrían estar siendo liberados por efecto de la remoción de nuestra vegetación, corteza terrestre, tal vez fenómenos naturales o posiblemente por nuestra acción (tala o remoción forestal).

Los desechos de la minería y los emplazamientos, provocaron que peces, agua y sedimentos se encuentren contaminados de mercurio en la zona del Río Napo, tal vez ocasionado por la presencia de altas concentraciones de mercurio inorgánico encontradas en el 100% de muestras de agua, ligeramente elevados en peces (23%) y en el 93% de sedimentos; sobre su origen solo se nos permite inferencias, hasta que lo verifiquemos con estudios profundos y permanentes y con mayor número de indicadores que nos permitan analizar y sindicar las fuentes de origen y responsables. Los resultados obtenidos del estudio en cuanto a concentración de Hg en peces, es alarmante pues se encuentran por sobre los límites permisibles y si a esto sumamos el fenómeno de bioacumulación y biomagnificación aumenta aun más nuestra posibilidad de estar contribuyendo a que toda la comunidad lugareña se encuentre en constante riesgo y progresivo aumento del daño irreversible.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento al CAREC, por darnos la oportunidad de continuar creciendo en conocimiento y como profesional competente, al Dr. Noé Costilla Sánchez por brindarnos las facilidades en la Universidad Nacional de Trujillo -UNT para la ejecución de los análisis, al Dr. Wilson Reyes Lázaro por su valioso aporte a la ciencia y aceptar ser mi mentor en esta etapa profesional, al Ing. Jorge Vargas Fasabi, a Lindsay Prado Torres Q.F., al Ing. Roger Beuseville-IIAP por el soporte técnico prestado, al Ing. León Bendayan-IIAP por el apoyo durante la georeferenciación de las estaciones de muestreo, a los estudiantes de Biología, Esteban E. Fong R. y Beiquer Zambrano M., por su aporte técnico y colaboración en el trabajo de campo, al Ing. José Sanjurjo-IIAP por la afinación técnica de la georeferenciación de los puntos de muestreo y a mis profesores, sabios maestros en la conducción de nuestro aprendizaje, al profesional colaborador anónimo por

brindarnos reportes institucionales que nos permitieron analizar que aún falta capacitar y sensibilizar al personal técnico responsable de la vigilancia ambiental, finalmente quiero agradecer a todas aquellas personas que de una u otra forma hicieron que este trabajo sea culminado con mucho éxito y sirva de referencia para tomar decisiones orientadas a la conservación y preservación de la salud pública y ambiental en nuestra Amazonía.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVAREZ, J., (2003). *La Guerra Contra las Dragas Asesinas del Nanay: ¿La Batalla Final?*. Iquitos, Perú. Edi. 87.
- AOAC Official Method 977.15 (1978). *Mercury in Fish. Alternative Flameless Atomic Absorption Spectrophotometric Method*, First Action 1977, Final Action 1978.
- CIED, (1993). *Medio Ambiente*. Lima: (set., 1993); p. 56 (45).
- CHAPMAN, Water D. (1992). *Quality assessments*. UNESCO, WHO, UNEP. New York, EUA. P. 585.
- DIGESA, *Información sobre niveles de metales pesados del río Napo*. Informe de ensayo N° 3527 (19-11-2003). Fecha de muestreo 15 -11-2003, fecha de reporte 17-11-2003. e Informe N° 3935 (2010).
- MAGOS, L., y CLARKSON, T. W. (1972). *Atomic Absorption Determination of Total, Inorganic and organic mercury in blood*. *J. Assoc. Offic. Anal. Chem.*; p. 5 (55:966-971).
- MEGLER, D. (2007). *Contaminación en la Cuenca del río nanay por efecto de la actividad minera*. Institute des sciences de l'environnement, Université du Québec à Montréal; <http://www.uqam.ca/> (UQAM).
- MERCADER, T., HERRERA, B., RODRÍGUEZ, G., DE GYVES-M., (2006). *Validación de un nuevo método de pre concentración y medición de mercurio en sedimentos utilizando materiales So-Gel dopados con extractantes sulfurados*. México. Centro Nacional de Metrología. Dirección de Metrología de Materiales, División Materiales Metálicos. El Marqués, Qro. Simposio de Metrología. (Oct. 25 al 27).
- MINAM. (2008). *El Peruano. Norma legal establecida. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental N° 002*.
- MORALES, G., Morales, M, y Mallea, A. (2002). Determinación de los niveles de contaminación por mercurio en la especie *Salmo Gairdnerie Irideus* y el cuerpo de agua de la laguna Suches, adyacente al lago Titicaca del departamento de la Paz. Laboratorio de Diagnostico e Investigaciones en Salud, Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímicas-UMSA. Vol: X, dic. Bolivia. Revisado: el 12.03.11. Disponible en: <http://www.ops.org.bo/textocompleto/rnbiofa20021005.pdf>
- OLIVERO, J. y SOLANO, B., (1998). *Mercury in environmental samples from a waterbody contaminated by gold mining*. Colombia-South América. *Sci. Total Environ.* p. 217(1-2):83-89.
- POUILLY M. y col., (2008). Diagnóstico de la contaminación por el mercurio en la cuenca Iténez. Informe IRD-WWF, La Paz, Bolivia 96.p. 2, (79-80)
- RAMÍREZ, A., (2008). *Intoxicación ocupacional por mercurio Médico del Trabajo*. American College of Occupational and Environmental Medicine. *An Fac med.* p. 46(1):46-51. Revisado, 12.05.11. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/afm/v69n1/a10v69n1.pdf>
- SADIQ, (1991). *Sample weight and digestion temperature as critical factors in mercury determination in fish*. *Bull Environ. Contam. Toxicol.*, p. 6 (47): 335-341.
- WADE, M., DAVIS, B.K, CARLISLE, J.S., KLEIN, A.K, VALOPPI, L.M. (1993). *Environmental transformation of toxic metals*. *Occup. Med.* p.8 (3):574-601.
- WATRAS, C.J., BACK, R.C., HALVORSEN, S., HUDSON, R.J., MORRISON, K.A., WENTE, S.P. (1998). *Bioaccumulation of mercury in pelagic freshwater food webs*. *Sci. Total Environ.* 219(2-3):183- 208.