UNIVERSIDAD NACIONALI DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

BIOACUMULACIÓN DE MERCURIO EN PECES DE MAYOR CONSUMO HUMANO Y SU RIESGO EN LA SALUD A TRAVÉS DEL NIVEL DE EXPOSICIÓN POR INGESTA, EN LOS POBLADORES DE LA COMUNIDAD NATIVA SANTA ROSA DE LA CUENCA BAJA DEL RIO ABUJAO, REGIÓN UCAYALI – 2016.

Autores:

Gian Carlos Rengifo Vargas

E-mail: gkrengifo@hotmail.com

Juan Luis Barreto Pipa

E-mail: juanluis005@gmail.com

Dr. Grober Panduro Pisco

E-mail: ecologrober@hotmail.com

Ing. Kelsen Arbaiza Peña

E-mail: arbaipe27@gmail.com

PUCALLPA- PERÚ

2017

BIOACUMULACIÓN DE MERCURIO EN PECES DE MAYOR CONSUMO HUMANO Y SU RIESGO EN LA SALUD A TRAVÉS DEL NIVEL DE EXPOSICIÓN POR INGESTA, EN LOS POBLADORES DE LA COMUNIDAD NATIVA SANTA ROSA DE LA CUENCA BAJA DEL RIO ABUJAO, REGIÓN UCAYALI – 2016

Bioaccumulation of mercury in fish for human consumption and major health risk through the level of exposure intake in the residents of Santa Rosa community native from the lower basin of the Abujao river, Ucayali region-2016

***Gian Carlos Rengifo Vargas*, *Juan Luis Barreto Pipa*[1], *Grober Panduro Pisco*[2] *y Kelsen Arbaiza Peña*[3]**

RESUMEN

El estudio se desarrolló en ambas temporadas, seca y húmeda del año 2016, en la Comunidad Nativa Santa Rosa, cuenca baja del rio Abujao que está influenciada por la minería aurífera ubicada aguas arriba, se trabajó con 119habitantes, divididos en dos grupos muéstrales (niños y adultos) establecidas en 22 familias, con edades promedio de 9años en niños y 38 en adultos con peso promedio de 29.72 y 30.96 kg en niños y en adultos 60.80 y 62.28 kg por temporada, todo con el objetivo de evaluar el riesgo a la salud a causa del consumo de peces con mercurio bioacumulado a través del nivel de exposición por ingesta, se identificaron los 4 peces de mayor consumo, realizándoles análisis de Hg en tejido muscular (parte dorsal) resultando lo siguiente en ambas temporadas respectivamente: Carachama (Pterygoplichthys pardalis), las más bajas concentraciones 0.02 a 0.06 ppm, Boquichico (Prochilodus nigricans) de 0.05 a 0.09 ppm, Doncella (Pseudoplatystoma punctifer) de 0.03 a 0.11 ppm y Mota (Calophysus macropterus) con las más altas de 0.13 a 0.19 ppm, ninguna sobrepasaron las concentraciones permisibles establecidas por la Agencia de Protección Ambiental (0.30 ppm) y la Organización Mundial de la Salud (0.50 ppm), para la evaluación del riesgo se estimó un nivel Medio de peligrosidad y para el nivel de exposición se obtuvo un consumo per-cápita de pescado con cantidades alarmantemente (80 y 132 kilogramos/año), para niños y adultos, estimando una exposición Extremadamente Alta, teniendo como referencia la dosis máxima de consumo permisible a la semana de metilmercurio de la OMS (1.6 μgMeHg/kg/semana), es superada alarmantemente, más consumiendo Mota que da una Dosis riesgosa de 10.1 μgMeHg/kg/semana en niños, 6.3 veces más del límite, por consecuente la evaluación de riesgo a la salud de los pobladores de la Comunidad está nos da un nivel Alto de Riesgo por toxicidad con metilmercurio.

Palabras Claves: bioacumulación, ingesta, exposición, peligrosidad, riesgo.

---

[1]Tesista de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad Nacional de Ucayali, Perú.
[2] Docente Asesor, investigador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad Nacional de Ucayali, Perú.
[3]Co-Asesor de Tesis

ABSTRACT

The study was carried out in both the dry and wet seasons of the year 2016 In the Native Community Santa Rosa, the lower basin of the Abujao river, which is influenced by the upstream gold mining, with 119 inhabitants divided into two groups (children And adults) in 22 families with an average age of 9 years in children and 38 in adults with an average weight of 29.72 and 30.96 kg in children and in adults 60.80 and 62.28 kg per season, all with the objective of assessing the health risk Due to the consumption of fish with bioaccumulated mercury through the level of exposure by ingestion, the 4 fish of greater consumption were identified, performing analysis of Hg in muscle tissue (dorsal part), resulting in the following seasons respectively: Carachama (Pterygoplichthys pardalis), The lowest concentrations 0.02 to 0.06 ppm, Boquichico (Prochilodus nigricans) from 0.05 to 0.09 ppm, Maiden (Pseudoplatystoma punctifer) from 0.03 to 0.11 p Pm and Mota (Calophysus macropterus) with the highest of 0.13 to 0.19 ppm, none exceed the permissible concentrations established by the Environmental Protection Agency (0.30 ppm) and the World Health Organization (0.50 ppm) for risk assessment An average level of danger was estimated and per capita consumption of fish with alarming amounts (80 and 132 kilograms / year) was obtained for children and adults, estimating Extremely High exposure, based on the dose Maximum allowable consumption per week of WHO methylmercury (1.6 μgMeHg / kg / week), is exceeded alarmingly, more consuming Mota giving a risk dose of 10.1 μgMeHg / kg / week in children, 6.3 times the limit, for Consequently the risk assessment for the health of the inhabitants of the Community is giving us a High Risk level due to methylmercury toxicity.

Key words: bioaccumulation, ingestion, exposure, danger, risk.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día el mundo se encuentra en una lucha constante contra diversos agentes que alteran negativamente el estado natural de los recursos de nuestro ambiente y por consecuente esta lucha se extiende hasta los efectos que arremeten sobre los seres humanos y su salud.

En el Perú los ríos amazónicos se están viendo afectados a raíz de la actividad minera ilegal ya que este es el medio de explotación y por ende el más impactado negativamente con altos grados de contaminación a causa del elemento principal para la extracción del oro que es el mercurio, este metal pesado se introduce en las aguas de los ríos como residuo de la actividad minera, de tal manera que se asienta en las profundidades generando reacciones químicas y biológicas que terminan introduciéndose en la cadena alimenticia de las especies ícticas (peces) y en la de los seres humanos.

La Región Ucayali no es ajena al desarrollo evolutivo de la minería artesanal, esta actividad, debido a la migración de los extractores quienes con el afán de búsqueda de nuevos yacimientos que contengan este codiciado metal y por ende el incremento de su precio, aumento su extracción centrándose inicialmente en la cuenca del Aguaytía, pero donde se desarrolla de manera significativa es la cuenca del Abujao. (MINAM &IIAP, 2011).

Vracko (2014); en ese sentido, afirmo que la contaminación por mercurio está afectando a los peces de la zona, quienes bioacumulan éste metal pesado, y las especies de mayor tamaño que se encuentren en la zona acumulan mayor cantidad de mercurio en su músculo, repercutiendo considerablemente en los procesos reproductivos de las especies. Por otro lado al ser consumido por los pobladores de la zona, éstos también se verían afectados por la acumulación de mercurio en la sangre.

Con la investigación se da a conocer a la población resultados obtenidos verídicos, en el cual se informe el nivel de concentración de mercurio bioacumulado en los peces de mayor consumo en las comunidades nativas de la cuenca baja del rio Abujao, ya que sus dieta alimentaria está compuesta a base de pescado, de esta manera se puede brindar y proponer medidas de solución, sabiendo los límites de consumo y el nivel de riesgo que están expuestos por la ingesta, todo con el fin de mejorar sus calidad de vida, previniendo la salud humana y el de su ambiente, con una alimentación segura que no ponga en riesgo la integridad de las personas, en este caso de los pobladores de la comunidad nativa Santa Rosa.

METODOLOGIA

Ubicación del área de estudio

La investigación se realizó en la comunidad nativa Santa Rosa, distrito de Masisea, provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali, ubicada en las siguientes coordenadas UTM: 585275 mE y 9062798 mN, a orillas del rio Abujao a 3.5 km aproximadamente de su desembocadura y a 6 horas de desplazamiento en motor peque del puerto de la ciudad de Pucallpa.

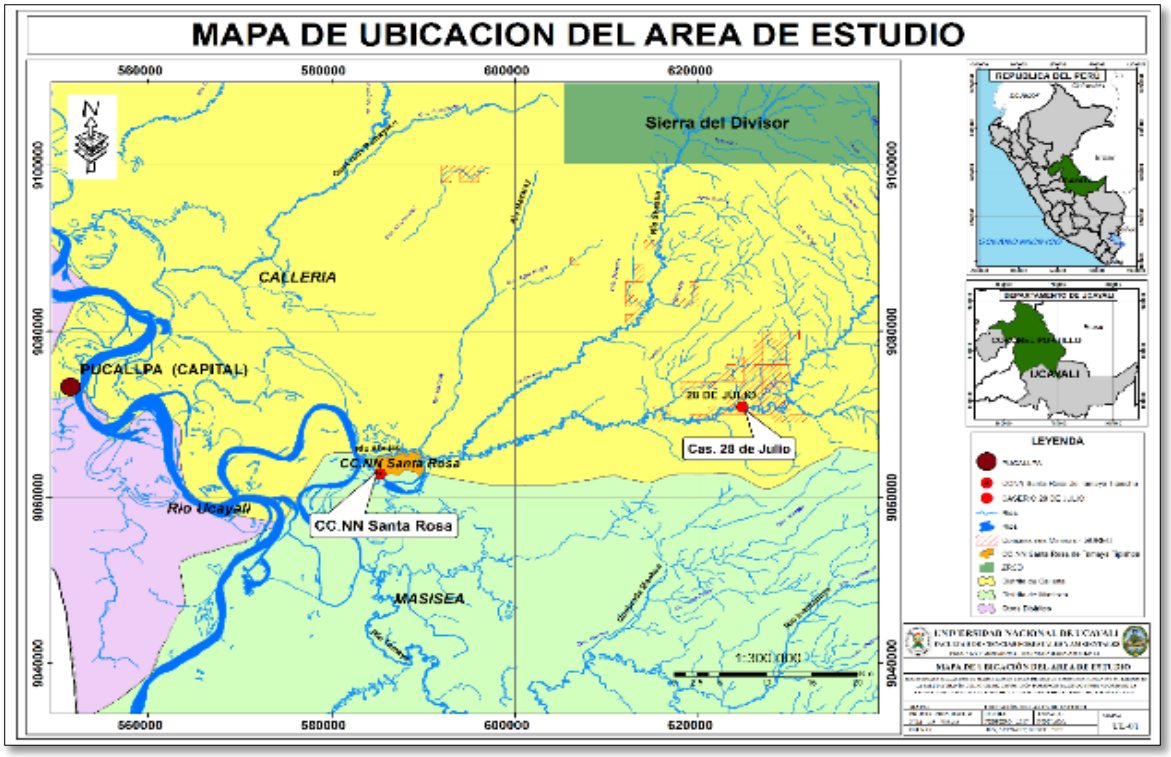


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio.

Diseño de la Investigación

El tipo de investigación del estudio es Aplicada, el método de investigación que se desarrolló fue Descriptivo, cualitativo y cuantitativo, con variables categóricas y numéricas.

Población y Muestra

La investigación cuenta con 03 poblaciones que fue necesaria para su desarrollo de forma correcta, de las cuales son las siguientes.

• Primera población (Habitantes)- La comunidad nativa Santa Rosa cuenta en la actualidad con una población de 119 habitantes vivientes de manera estable dentro de la

comunidad, clasificadas en 62 adultos (personas de 15 años a más) y 57 menores (personas de 5 a 14 años) que, para fin de la investigación, se tomó estos números de forma oficial.

- Segunda población (Familias)- Los 119 habitantes existentes se encuentran divididas en 22 familias (población tomada por número de familias), este número es la población que se manejó para el desarrollo de los formatos vivenciales en cada familia.

- La tercera población son las especies ícticas (peces) que las familias tienen a disposición a lo largo del año en el rio Abujao, la investigación tomo 15 especies de captura más frecuente.

La muestra de habitantes para la aplicación de las encuestas se consiguió estadísticamente mediante la fórmula Z, utilizando como universo solo los 62 pobladores mayores de 15 años, esta dio como muestra 54 pobladores con los que se desarrolló el estudio. Para el desarrollo de la investigación en niños escolares se determinó un rango de edades entre 5 a 14 años de las cuales se tiene 57 como universo, de tal forma la formula Z nos da como resultados 50 unidades muéstrales.

Análisis de datos

Las encuestas y entrevistas fueron codificadas y tabuladas para el procesamiento lógico y correlativo, obteniendo valores únicos para cada dato requerido en la investigación, siendo tratadas de manera específicas.

Se realizaron operaciones estadísticas para determinar diferencias y relaciones entre los niveles de aprovechamiento del recurso, cantidades de consumo, niveles de concentración y todo esto en relación directa con la población seleccionada y teniendo en cuenta que dentro de la muestra se contó con grupos seleccionados que nos permitirá adquirir mayores datos y más específicos.

RESULTADOS Y DISCUSION

Edad y Peso Promedio de la Población de la Comunidad Nativa Santa Rosa.

La investigación requirió datos generales para las evaluaciones posteriores, de tal manera mediante las encuestas aplicadas se obtuvieron dichos datos de toda la población de interés, para el conocimiento de la población se trabajó en la edad y el peso de cada poblador de la comunidad nativa Santa Rosa, todo esto para definir el peso promedio de cada grupo que son niños, adultos y por cada temporada tal como la húmeda y seca.

En la Tabla 1 se muestra el resultado del peso promedio de cada grupo de estudio para las temporadas húmeda y seca, obteniendo un peso promedio de 29.72 kg para niños y 60.80 kg para adultos en la temporada húmeda, así mismo para la temporada seca se obtuvo un peso promedio de 30.96 kg y 62.28 kg para la población de niños y adultos respectivamente. Con respecto a las edades se muestra que se trabajó con poblaciones remediablemente joven.

Tabla 1. *Peso promedio de la población*

Población	**Edad promedio**	**T - Húmeda** **Peso promedio (kg)**	**T - Seca** **Peso promedio (kg)**
Población Niños (05 – 14 años)	9	29.72	30.96
Población Adultos (15 años a mas)	38	60.80	62.28

Población íctica de mayor captura frecuente por los pobladores de la C.N Santa Rosa

Los habitantes de la comunidad nativa por su etnia son pescadores de oficio, dicha actividad la realizan en la cuenca baja del rio Abujao ya que la localidad está establecida a orillas de este, mediante el estudio se conoció que dentro de este ambiente acuático existe una población marcada de 15 especies ícticas (peces) que predominan la zona acuática de la localidad. Para su determinación se tomó en cuenta la selección de especies de las 22 familias con respecto a cada una de ellas dando como resultado 15 especies..

El estudio predomino el consumo de Boquichico, Doncella al 100% y Mota al 91% en las familias de la comunidad nativa Santa Rosa, tal y como coincide y afirma García et al (2009, 2011 y 2012) que el Boquichico es la especie que ha venido encabezando durante mucho tiempo los desembarques en Ucayali, siendo la numero uno y la Mota especie que ha adquirido importancia en los desembarques durante los últimos años ocupando el sexto lugar de la lista, también la Doncella y Carachama se encuentran en la lista en el noveno y décimo sexto lugar respectivamente según el estudio (Análisis de los desembarques de pescado fresco en la ciudad de Pucallpa, región Ucayali) realizado por el IIAP.

Como es visible en la Tabla 2, de la población íctica de 15 especies existen cuatro de ellas que predominan la preferencia para su consumo, las cuales tomaron mayor importancia en el estudio, ya que son estas especies las que fueron evaluadas mediante el análisis de concentración de mercurio en sus tejido muscular, los cuales son las siguientes especies:

Pterygoplichthys pardalis “Carachama”, Prochilodus nigricans “Boquichico”, Pseudoplatystoma punctifer “Doncella”, Calophysus macropterus “Mota” , de estas cuatro especies las tres primeras alcanzaron el 100% de preferencia de consumo y la cuarta especie un 91%, siendo estos las cuatro especies ícticas de mayor consumo y preferencia de la población de la comunidad nativa Santa Rosa.

Frecuencia del consumo alimenticio de peces

La frecuencia de consumo de pescado se determinó con dos muestras poblacionales que fue la muestra de 54 pobladores de 15 a más años, y también se determinó con la muestra de las 22 familias, con la aplicación del estudio a estas dos muestras se obtuvo el promedio de veces al día que consumen pescado y los días a la semana que lo hacen.

En la Tabla 3, con fuente de muestra poblacional, y en la Tabla 4 con fuente familiar de forma vivencial, se puede notar como resultado en ambos que el promedio de la frecuencia de consumo de pescado es de 2.5 veces por día, este dato que en claro por sus fuentes de forma individual y en familias. Con este resultado de 2.5 la investigación trabajo para la posterior obtención de la cantidad de consumo en gramos. Ver Tabla 3 y 4.

Tabla 3. *Frecuencia de consumo de pescado al día por poblador*

Consumo de Pescado - Pobladores			
Veces/día	**N° P**	**%**	**Promedio de veces al día**
2	25	46%	2.5
3	29	54%	
Total	54	100%	

N° P = Numero de pobladores.

Tabla 4. *Frecuencia de consumo de pescado al día por familia*

Consumo de Pescado - Familias			
Veces/día	**N° F**	**%**	**Promedio de veces al día**
2	12	55%	2.5
3	10	45%	
Total	22	100%	

N° F = Número de familias.

En la Tabla 5 y 6, se muestra los resultados obtenidos teniendo como promedio de consumo de pescado 6 días a la semana con ambas fuentes. De esta manera la información nos da un resultado uniforme, se tomó este criterio por la importancia de este dato para la investigación final, trabajando con dos métodos durante las dos temporadas.

Tabla 5. *Frecuencia de consumo de días a la semana por familia*

Consumo de Pescado - Familias			
Días/semana	**N° F**	**%**	**Promedio de días a la semana**
5	6	27%	6
6	8	36%	
7	8	36%	
Total	22	100%	

N° F= Número de Familias.

Tabla 6. *Frecuencia de consumo de días a la semana por poblador*

Consumo de Pescado - Pobladores			
Días/semana	**N° P**	**%**	**Promedio de días a la semana**
5	16	30%	6
6	17	31%	
7	21	39%	
Total	54	100%	

N° P = Numero de pobladores.

Cantidad de consumo per-cápita de pescado en la C.N Santa Rosa

Se determinó el consumo Per-cápita de pescado en los pobladores de la comunidad nativa Santa Rosa, dividiéndolas en dos grupos muéstrales, clasificadas por rango de edades ya que esta condición está ligada directamente con las cantidades de consumo en sus dietas alimenticia. Niños de 05 a 14 años y adultos de 15 a más años, el resultado se obtuvo en cantidad de consumo a la semana, indicando este resultado para cada temporada, el cual se describe que se obtuvo que el consumo promedio en la temporada húmeda para la población adulta es 2344 g/sem/persona y la población niños 1411 g/sem/persona, mientras que para la temporada seca el consumo promedio de la población adulto es 2720 g/sem/persona y 1651 g/sem/persona para la población niños. Con respecto a las cantidades de consumo de los pobladores adultos de la comunidad, obtenidas en el presente estudio, se encontró que están por encima, pero no más de un kilogramo, de los 2000g de consumo de pescado a la semana que tomaron por ejemplo en sus estudios Brack et al. (2011).

Tabla 7. *Consumo Per-cápita a la semana*

Población	Temporada Húmeda	Temporada Seca
	g/sem	g/sem
Niños (05 – 14 años)	1411	1651
Adultos (15 años a más)	2344	2720

El estudio también determino un consumo per-cápita de pescado al año de los pobladores adultos de la comunidad nativa Santa Rosa, el cual nos resultó 132 kilogramos al año por adulto, 80 para niños y a la semana el promedio de los resultados obtenidos en ambas temporadas, teniendo así un consumo per-cápita semanal de 2532 gramos a la semana por adulto y 1531 gramos a la semana por niño, cabe recalcar estos datos para el estudio fueron tomados como el nivel de exposición por ingesta para la evaluación del riesgo a la salud que está expuesta la población de la comunidad. Distintos estudios y entidades dan resultados de consumo per-cápita de pescado como la FAO (1999) estima 16 kg por persona al año y la misma FAO (2008) 54.7 kg por persona al año en las zonas rurales, Tello (1995) también planteo un consumo de 55.8 kg/persona/año en la amazonia peruana y dejando en claro que en las comunidades nativas es mucho mayor.

Ninguno de los resultados de distintos estudios a mencionar superan y no se encuentran cerca del consumo de pescado obtenido en esta investigación que es 132 kg/persona/año de la C.N. Santa Rosa, en comparación de los 22.2 kg/persona/año del año 2009 y 12.0 kg/persona/año para la región Selva según MINSA (2003), el siguiente dato pertenece al estudio que realizo PRODUCE (2014) dando a conocer el consumo anual per cápita en kg de productos hidrobiológicos en la región Ucayali que es 42.1 kg/persona/año, teniendo en cuenta que el promedio nacional es 15.4 kg/persona/año, como se pudo entender la cantidad promedio per-cápita de consumo de pescado en esta investigación supera altísimamente los valores de otras fuente, esto habla del intenso nivel de exposición que se encuentra la población por el alto consumo de pescado.

Concentración bioacumulada de mercurio en los peces de mayor consumo

Las concentraciones bioacumuladas de mercurio obtenidas mediante los análisis de las cuatro especies más consumidas por la población y la referencia de una muestra blanca para cada temporada, teniendo un total de cinco datos por temporada.

En ambas temporadas y en todas las especies de mayor consumo estudiadas se detectó concentraciones bioacumuladas de mercurio en la carne del pescado, la bioacumulación de este metal se da en las especies a manera ascendente según su ecología, su tamaño y peso, su ubicación en la cadena trófica y su tipo de alimentación.

Tabla 8. *Concentración bioacumuladas de Hg en temporada seca y húmeda*

N°	Especie	Concentración Hg (ppm) Temporada Húmeda	Concentración Hg (ppm) Temporada Seca
1	Punto blanco (Boquichico)	ND (< 0.01)	0.01
2	Carachama *(Pterygoplichthys pardalis)*	0.02	0.06
3	Boquichico *(Prochilodus nigricans)*	0.05	0.09
4	Doncella (*Pseudoplatystoma punctifer)*	0.03	0.11
5	Mota *(Calophysus macropterus)*	0.13	0.19

ND = No detectable

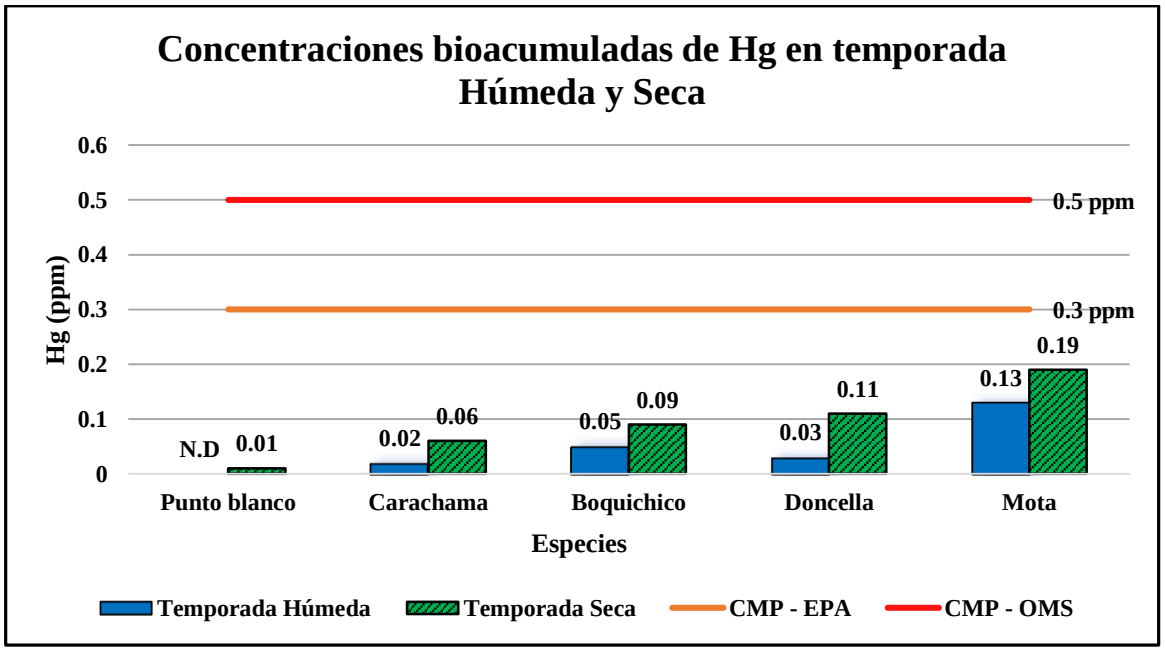


Figura 1. Comparación de la concentración de Hg en ambas temporadas.

La Tabla 8 y Figura 2, muestran como la concentración bioacumulada de mercurio en las especies, incrementan considerablemente según la temporada, este aumento se da, de la temporada húmeda a la seca, pero aun así todas incrementaron sin superar los límites máximos de concentración permisibles y siguió teniendo como especie de mayor concentración a la Mota en ambas temporadas incrementando de 0.13 a 0.19 ppm, dicha especie también nos menciona

Vela, Jorge (2013) en su estudio que la Mota es la de valor superior en concentración de mercurio con 0.15 ppm que también coincide con el promedio aproximado de la concentración de mercurio en esta especie, de este estudio.

Determinación de la ingesta semanal de MeHg de la población

La investigación realizada dio datos importantes y necesarios para la determinación de la dosis de metilmercurio ingerido a la semana en los pobladores de la comunidad nativa Santa Rosa, se tiene como datos el peso promedio corporal en kilogramos, la cantidad de consumo de pescado por semana en gramos y la concentración de mercurio en el musculo de cada especie de mayor preferencia, todos estos datos se obtuvieron de los dos grupos muéstrales que son niños de 5 a 14 años de edad y adultos de 15 a más años, como también todo esto en ambas temporadas, tanto como la húmeda y la seca.

La dosis de metilmercurio ingerida a la semana se obtuvo mediante la fórmula citada por Fernández y Gonzales en el 2009 y 2013 (estudio de Niveles de Mercurio en peces de Madre de Dios) como también es estudios de MINAM, la fórmula es la siguiente:

$$\text{DOSE (MeHg)} = \frac{[\text{Consumo de pescado por semana en gramos}] \times [\text{Conc. de Mercurio elemental* (ppm)}]}{\text{Peso Humano en kilogramos (kg)}}$$

Fuente: (Fernández y González, 2009)
Nota: *el mercurio se da en forma elemental (Hg)

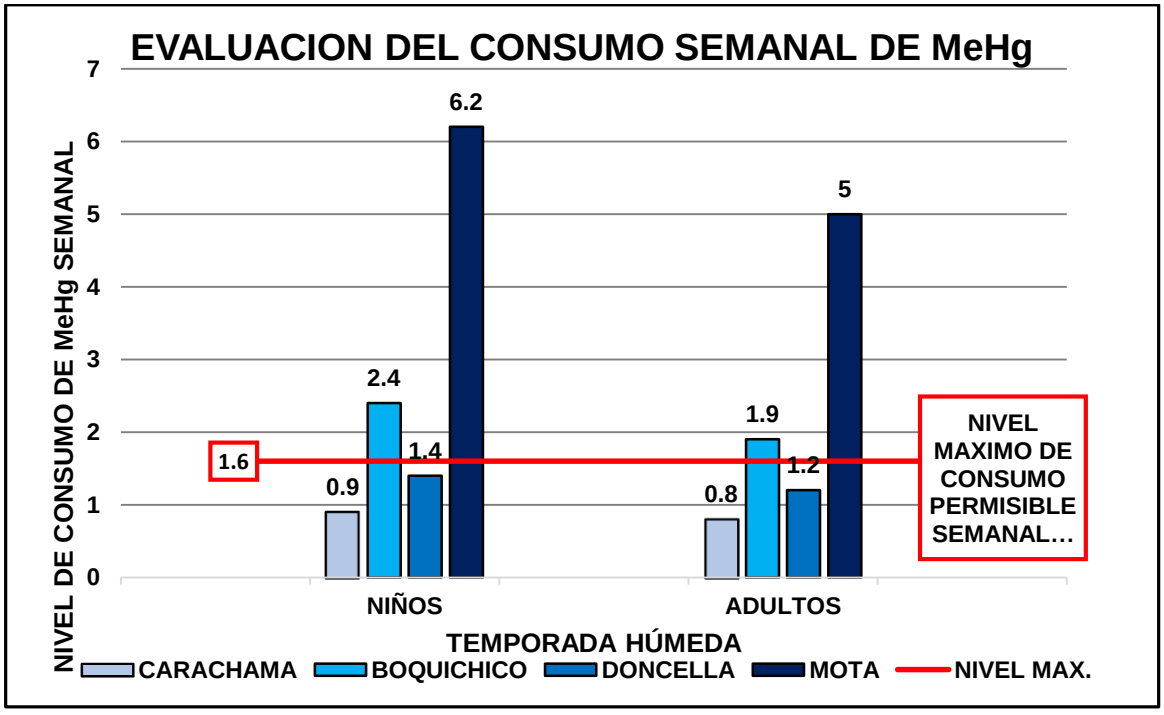


Figura 2. Evaluación del consumo semanal de MeHg - temporada húmeda.

La evaluación se realizó teniendo como indicador el nivel máximo de consumo permisible semanal de metilmercurio que es 1.6 µg/MeHg por kg de peso humano (OMS, 2008). Manejando este dato como límite se obtuvo resultados alarmantes, ya que en la temporada húmeda y en ambos grupos muéstrales, dos de las cuatro especies superan el nivel máximo de consumo permisible semanal, siendo una de ellas el Boquichico con niveles de 2.4 y 1.9 µg/MeHg/kg, en niños y adultos respectivamente. La siguiente especie es la Mota con niveles sumamente altas 6.2 para niños y 5.0 para adultos, en este caso superando 4 y 3 veces el nivel máximo de consumo permisible semanal, algo totalmente peligroso por el exceso de nivel alcanzado de esta especie. Cabe recalcar que los niños mantienen un 1.4 de dosis consumida a la semana de metilmercurio en la especie Doncella, encontrando esta dosis muy cerca al nivel máximo permisible y algo menos alarmante en adultos con una dosis de 1.2 µg/MeHg/kg. La especie con valores menos preocupante la obtuvo la Carachama con dosis de 0.9 y 0.8 µg/MeHg/kg en niños y adultos respectivamente, tal y como muestra la Figura 3.

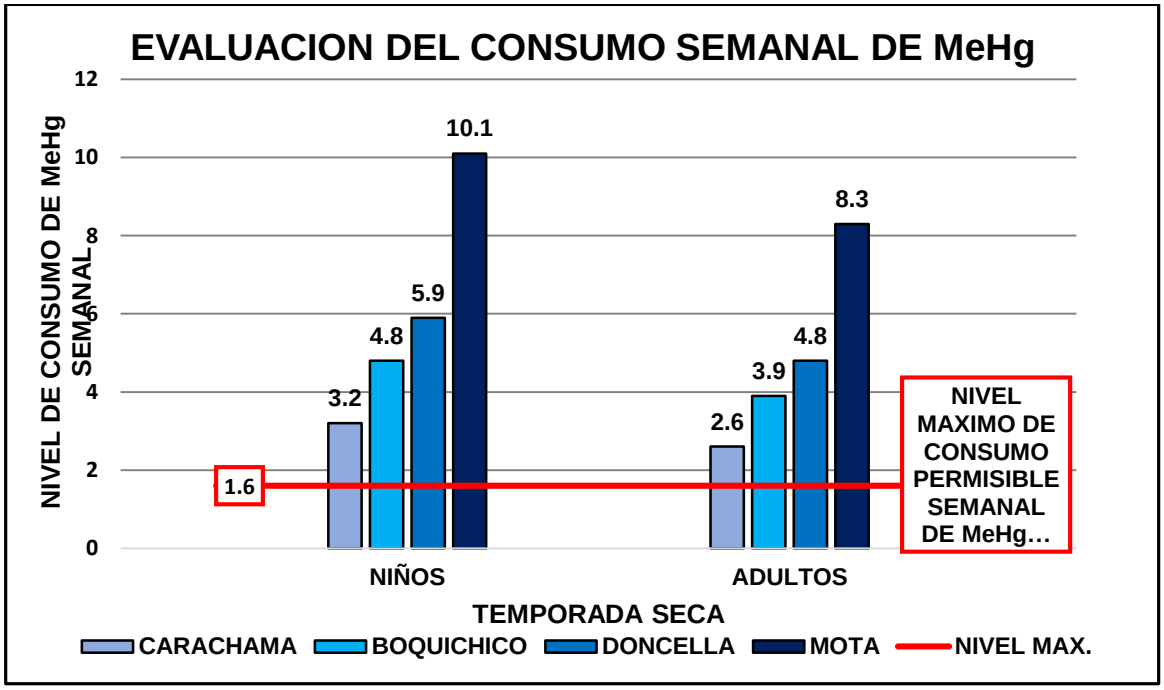


Figura 3. Evaluación del consumo semanal de MeHg - temporada seca.

Sin duda alguna la temporada seca es la de mayor incremento de los valores de los datos obtenidos tales como el aumento de peso corporal, de la cantidad de consumo de carne de pescado, de la concentración de mercurio en los peces y la dosis consumida de metilmercurio a la semana no es la excepción, ya que todos estos datos están ligados directamente para la evaluación del riesgo a la salud humana.

Como se aprecia en la Figura 4, las cuatro especies en los dos grupos muéstrales superan altamente y de manera riesgosa el nivel máximo de consumo permisible semanal de metilmercurio. La misma especie que en la temporada húmeda alarmo, volvió a tener ese papel en la temporada seca que es la Mota, alcanzo valores abismales en niños un 10.1 y 8.3 μg/MeHg/kg en adultos superando el valor máximo de 1.6 μg/MeHg/kg, 5 y 4 veces más. La Doncella 5.9 y 4.8 μg/MeHg/kg, en niños y adultos respectivamente claro incremento entre temporadas ya que en la anterior no superaba el valor de límite máximo, tal igual como la Carachama que en esta temporada seca supera el límite con valores de 3.2 en niños y 2.6 en adultos, la última especie en mencionar es el Boquichico que en la anterior temporada también supero el límite y es esta temporada seca con valores superiores, obteniendo 4.8 en niños y en los adultos un temeroso 3.9 μg/MeHg/kg, todos superando y en creces el valor máximo.

Cantidad de consumo recomendable de las especies bioacumuladores de mercurio

Ya conocido los resultados de las cantidades de consumo de pescado a la semana en niños y adultos en las dos temporadas y teniendo los valores de la dosis de consumo de metilmercurio a la semana por cada especie, la investigación planteo cantidades de consumo recomendable para no superar el límite máximo de consumo permisible de metilmercurio a la semana, tanto como para niños y adultos, el valor recomendado se obtuvo en gramos a la semana por cada especie, de esta manera se muestra la Tabla 9.

Tabla 9. *Cantidad máxima permisible a la semana por especie*

ESPECIES	CANTIDAD MAXIMA PERMISIBLE A LA SEMANA POR ESPECIE			
	TEMPORADA SECA		TEMPORADA HUMEDA	
	Niños	Adultos	Niños	Adultos
MOTA	261 g	524 g	366 g	748 g
BOQUICHICO	550 g	1107 g	951 g	1946 g
DONCELLA	450 g	906 g	1585 g	3243 g
CARACHAMA	826 g	1661 g	2378 g	4864 g

Se identificó a la temporada seca como la más riesgosa a la salud, ya que en esta los valores identificados incrementan de manera significativa, como el nivel de las cantidades de consumo, concentración de Hg en el musculo de los pescados y por consecuente el incremento de la dosis ingerida de metilmercurio a la semana, dosis obtenidas que sobrepasan altamente en esta temporada el nivel máximo de consumo permisible semanal de MeHg (1.6 μg/MeHg/kg), establecido por la OMS, teniendo en cuenta esta superación del límite en la evaluación tanto para niños y adultos.

Evaluación del riesgo

Estimación de la exposición. **-** está relacionada con el consumo per cápita de pescado de los pobladores de la comunidad nativa Santa Rosa. El estudio determinó que el consumo promedio per cápita es de 2532 gramos a la semana por adulto, este mismo resulto un consumo per cápita de 132 kilogramos al año por adulto. Siendo esto mayor al consumo promedio descrito por la FAO (2008) el cual estima 54.7 kg por persona al año en zonas rurales. Así también lo estimado por el MINSA (2003) con 22.2 kg/persona/año del año 2009 y 12.0 kg/persona/año para la región Selva y el estudio realizado por PRODUCE (2014) dando a conocer el consumo anual per cápita en kg de productos hidrobiológicos en la región Ucayali que es 42.1 kg/persona/año, teniendo en cuenta que el promedio nacional es 15.4 kg/persona/año. Sin embargo, se llegó a concordar con lo que menciona Tello (1995) también planteo un consumo de 55.8 kg/persona/año en la amazonia peruana y dejando en claro que en las comunidades nativas es mucho mayor.

Considerando el consumo per cápita de la C.N. Santa Rosa, se evaluó y clasifico como una **Exposición Extremadamente Alta** debido a su altísimo consumo y dependencia de pescado en sus dietas alimenticias.

Evaluación de la peligrosidad (toxicidad del mercurio).- Según lo descrito en la sección (Concentración bioacumulada de mercurio en peces de mayor consumo) los resultados de las 4 especies más consumidas por la población dieron resultados de presencia de Hg en sus organismo (tejido muscular), encontrando la concentraciones baja en el Pterygoplichthys pardalis con 0.03 ppm y al más alto a Calophysus macropterus con 0.19 ppm, sin embargo ninguna de la muestras obtenidas superan las concentraciones máximas permisibles descritas por USEPA de 0.3 ppm y la FAO/OMS de 0.5 ppm, de tal manera se tomó como criterio la consideración de la concentración bioacumulada más alta obtenida (0.19 ppm), entonces se clasifico como una **Toxicidad de Mediana Peligrosidad**, teniendo como alta peligrosidad a la referencia US EPA (0.30 ppm).

Caracterización de los riesgos. - Según el comité mixto FAO/OMS, estimo que la ingesta media de mercurio a través de los alimentos debe ser inferior a 0.20 µg/día y de 1.6 µg MeHg/kg de peso humano por semana, principalmente en forma de metilmercurio (compuesto orgánico de mercurio). El propio comité estima que no hay riesgo para la salud humana por ingesta.

RIESGO = f (EXPOSICION, PELIGRO)

Tabla 10. *Estimación del Nivel de Riesgo a la Salud*

NIVELES DE RIESGO A LA SALUD HUMANA		PELIGROSIDAD (CONCENTRACION BIOACUMULADA Y DOSIS A LA SEMANA DE MeHg)			
		BAJA	MEDIA	ALTA	EXTREMADAMENTE ALTA
EXPOSICION (CANTIDAD DE CONSUMO)	BAJA	Bajo	Bajo	Medio	Alto
	MEDIA	Bajo	Medio	Alto	Alto
	ALTA	Medio	Alto	Alto	Extremadamente Alto
	EXTREMADAMENTE ALTA	Alto	Alto	Extremadamente Alto	Extremadamente Alto

Conociendo la magnitud de la exposición estimada con la cantidad de consumo, clasificada como exposición EXTREMADAMENTE ALTA y la peligrosidad o toxicidad, clasificada como MEDIA asumida por la concentración bioacumulada de Hg en el musculo de los peces de mayor consumo, de esta manera se aplicó la formula citada para encontrar el riego a la salud, el cual se evaluó y estimo que los riesgos a la salud, al que se enfrenta la población de la comunidad nativa Santa Rosa, por el consumo de pescados bioacumulables de mercurio, es clasificado como RIESGO ALTO a la salud humana, , a pesar que los niveles de concentración bioacumulado de Hg no superan los límites máximos permisibles, pues quien si lo supera y de manera alarmante es el nivel de exposición, por la cantidad de consumo de pescado es por el cual la clasificación de riesgo a la salud dada en esta población por parte del estudio, debido a las condiciones favorables en la cuenca baja del rio Abujao para los procesos de metilización, bioacumulación y el alto consumo per cápita de pescado, esta vía se convierte en la principal fuente de intoxicación de las personas con mercurio.

Tomando como criterio los altísimos y alarmantes valores superados de la dosis del nivel máximo de consumo permisible semanal de metilmercurio que es 1.6 µg MeHg/kg de peso humano por semana, y también se sobrepasó los valores descritos por la FDA que define la ADI (Acceptable Daily Intake o nivel de ingestión diaria aceptable) como 0.47 microgramos por kilogramo de peso del cuerpo por día con el fin de proteger al adulto promedio que es capaz de tolerar los niveles más altos de metilmercurio, cabe recalcar que se evaluó con el consumo de los adultos y resulto un riesgo alto, por ende en los niños es la misma clasificación de riesgo.

CONCLUSIONES

1. La bioacumulación de mercurio en los peces de mayor consumo por los pobladores de la comunidad nativa Santa Rosa y el riesgo en su salud, se evaluó a través del nivel exposición por ingesta, obteniendo un nivel de riesgo.

2. Las 04 especies ícticas (peces) de mayor consumo por los pobladores de la comunidad nativa Santa Rosa son Carachama, Boquichico, Doncella y Mota, de estas determinando la concentración de mercurio bioacumulado, siendo la Mota la que alcanzo la mayor concentración 0.19 ppm de mercurio en su organismo.

3. El nivel de exposición por ingesta se evaluó con la frecuencia del consumo, dentro de las familias a nivel de veces al día y días a la semana, obteniendo un consumo de 2.5 veces por día por un total de 6 días a la semana, promedios alcanzados de manera individual y familiar. Se calculó el consumo per-cápita de pescado para los dos grupos muéstrales, tanto como para niños de 5 a 14 años de edad, como para adultos de 15 a más años, tal y como se detalla resulto.
   Niños (5–14 años) = 1531 gramos/niño/semana (80 kilogramos/niño/año)
   Adultos (15–más años) =2532 gramos/adulto/semana (132 kilogramos/adulto/año).

4. La evaluación del riesgo a la salud por ingesta de peces bioacumuladores de mercurio en niños y adultos habitantes de la comunidad nativa Santa Rosa se concluyó obteniendo un nivel de exposición por ingesta **extremadamente alta** y una peligrosidad **media** por la concentración de metilmercurio en las especies, dando como resultado de la exposición por la peligrosidad un **NIVEL DE RIESGO ALTO** en la salud de estos pobladores nativos de la etnia Shipibo – Conibo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Baird, C. y Cann, M. (2014). *Química Ambiental 5ta Edición*, Barcelona, España. Reverte.

Brack, A., Ipenza, C., Alvarez, J., Sotero, V. (2011). *Minería Aurífera en Madre de Dios y Contaminación con Mercurio - Una Bomba de Tiempo*. Ministerio del Ambiente. Lima, Perú.

Español, S. (2001). *Toxicología del Mercurio. Actuaciones preventivas en sanidad laboral y ambiental*.

FAO, (2008). *Estado de la demanda de pescado y la acuicultura*. PROMAMAZONÍA – IIAP. Recuperado de http://www.iiap.org.pe/promamazonia/sbiocomercio/Upload%5CLineas%5CDocumentos/531.pdf

Fernández, E. (2013). *MERCURIO EN MADRE DE DIOS Concentraciones de mercurio en peces y seres humanos en Puerto Maldonado*. Carnegie Institution for Science, Department of Global Ecology. (Power Point).

Fernández, E. L. y González, V. H. (2009). *Niveles de mercurio en peces en Madre de Dios*. Carnegie Institution for Science, Department of Global Ecology. (Power Point).

IIAP – Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, (2010). *Impactos de las actividades auríferas aluviales en la Amazonía peruana.* Documento Técnico, 15 pp.

Mamani, (2011). *Acumulación de mercurio en pejerrey (basilichthys bonariensis): en hábitat norte del lago Titicaca* (tesis de maestría). Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.

MINAM – Ministerio del Ambiente. y IIAP – Instituto de investigaciones de la amazonia peruana. (2011). *Minería aurífera en madre de dios y contaminación con mercurio, una bomba de tiempo. Perú: ministerio del ambiente & instituto de investigaciones de la amazonia peruana*. 1° ed. Ed. Súper Grafica EIRL. 9 pp.

MINSA - Ministerio de Salud. (2010). *Niveles de exposición a mercurio en población de Huepetuhe – Madre de Dios, y factores de riesgo de exposición.* CENSOPAS, Centro

nacional de Salud Ocupacional y Protección del Ambiente para la Salud – DIRESA Madre de Dios (83 pp.)

OMS – Organización Mundial de la Salud. (2003). *Comité de la ONU de la FAO y la OMS recomienda nuevos límites de ingestión de mercurio*. Recuperado de http://www.who.int/mediacentre/news/notes/2003/np20/en/.

Pezo, R., Paredes, H. y Bendayán. (1992). *Determinación de metales pesados bioacumulables en especies ícticas de consumo humano en la amazonia peruana.* Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana – IIAP. Folia Amazónica Vol. 4(2) – 1992, pp 171.

PNRQ – Programa Nacional de Riesgos Químicos. (2007). *Mercurio: Cartilla de Información.* Ministerio de Salud de la Nación, Buenos Aires, Argentina.

PNUMA – Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2002). *Evaluación Mundial sobre el Mercurio.*

PRODUCE – Ministerio de la Producción. (2013). *Recuperación de las poblaciones naturales de peces en las cochas de la cuenca del río Abujao, distritos de Callería y Masisea, provincia de Coronel Portillo, región Ucayali.*

Tello, S. (1995). *Relevamiento de información sobre captura y esfuerzo pesquero con destino a ciudades. Documento Técnico* N° 12, IIAP - FPCN-The nature Conservancy.

USEPA, USFDA. (2004). *Lo que usted necesita saber sobre el mercurio en los peces y mariscos. Consejos para mujeres que podrían quedar embarazadas, madres lactantes, niños pequeños.* US EPA y la FDA. Recuperado de: www.water.epa.gov/scitech/swguidance/fishshellfish/ [consultado 24 de mayo de 2004fish_MethylmercuryBrochure].

Vela, J. (2013). *boletín informativo "Polución y contaminación ambiental debido a la explotación aurífera en la cuenca del rio Abujao"*. Dirección Regional Sectorial de la Producción de Ucayali. Gobierno Regional Ucayali. pp 8 - 9

Vracko, F. (2014). *Diagnóstico situacional ambiental de las actividades mineras en la cuenca del río Abujao.* Lima, Perú.