# CONTENIDO DE MERCURIO TOTAL EN PECES DE CONSUMO HABITUAL EN LOS ASENTAMIENTOS INDÍGENAS EL PLOMO Y EL CASABE – ESTADO BOLÍVAR

**Álvarez Fermín, Luis Alberto** **Rojas, Luis Alfredo**

**Resumen:** En las proximidades de dos poblados indígenas con antecedentes en minería aurífera, situados en las márgenes de los ríos Paragua (El Casabe) y Caroní (El Plomo), se practicó la captura de peces de consumo habitual por sus pobladores y se les determinó el contenido de mercurio total en tejido de músculos mediante la técnica de absorción atómica, vapor en frío. A los valores obtenidos se les aplicó el test de Sperman no encontrándose correlación entre las concentraciones de mercurio total con la talla y el peso. La prueba de Mann-Withney (Wilcoxon) no reveló diferencias significativas en El Casabe, al comparar el contenido mercurial de las especies omnívoras-herbívoras con las piscívoras, omnívoras, insectívoras y detritívoras y entre las insectívoras y las omnívoras, aunque si hubo diferencias al comparar las detritívoras con las piscívoras, omnívoras e insectívoras, así como entre las insectívoras y las piscívoras y las omnívoras con las piscívoras. En El Plomo hubo diferencias significativas entre las piscívoras y las detritívoras. Del total de especies analizadas, 6 (46.13%) mostraron valores promedio de mercurio total sobre 0.5 µg/g (OMS/FAO) y en especies similares, estas cifras fueron superiores en El Plomo con respecto a las observadas en El Casabe.

**Palabras clave:** Peces de consumo/ Asentamientos indígenas/ El Plomo/ El Casabe.

# TOTAL MERCURY CONTENT IN COMMON CONSUMPTION FISH IN INDIGENOUS SETTLEMENTS EL PLOMO AND EL CASABE - BOLÍVAR STATE

**Abstract:** In the proximities areas of two indigenous settlements with antecedents in auriferous mining, located in the margins boundaries of the rivers Paragua (El Casabe) and Caroní (El Plomo), the capture of habitual consumption fish was practiced by its settlers and the muscle weave total mercury content was determined to them by the atomic absorption technique, cold steam. To the obtained values, the Sperman test was applied not being correlation between the total mercury with the stature and the weight, while the Mann-Whitney test (Wilcoxon) revealed no significant differences in El Casabe, comparing the mercurial content of the omnivorous-herbivores species with piscivorous, omnivorous, insectivorous and detritívorus and the insectivorous with the omnivorous, although there were differences when comparing the detritivorus with piscivorous, omnivores and insectivores, as well as between insectivorous and piscivorous and omnivorous with piscivorous. In El Plomo were significant differences between piscivorous and detritívorus. Of the total analyzed species, six (46,13%) showed average values of total mercury over 0,5 µg/g (OMS/FAO) and, in similar species, these values were superiors in El Plomo related to the observed ones in El Casabe.

**Key words:** Mercury/ Consumption Fishes/ Indigenous Settlements/ El Plomo/ El Casabe.

## I. INTRODUCCIÓN

El mercurio es un metal presente en el ambiente tanto en forma natural como introducido por el ser humano en sus diferentes actividades [1], siendo, en este particular, la minería artesanal para amalgamar el oro existente en aluviones y vetas, una vía de entrada de primer orden en los países en desarrollo [2], [3].

Es conocido que en el medio acuático, el mercurio metálico ($Hg^0$) es oxidado a monometilmercurio (MMHg) [4], proceso que se desarrolla fundamentalmente bajo condiciones de pH menor que 7, suficiente carga orgánica [5] y baja concentración de oxígeno [6]. De esa manera, en los reservorios acuáticos, el mercurio puede ser incorporado a la cadena trófica y finalmente llegar hasta los peces donde se bioacumula como MMHg, sustancia neurotóxica capaz de

Manuscrito finalizado en Ciudad Bolívar, Venezuela, el 2008/08/05, recibido el 2008/09/30, en su forma final (aceptado) el 2009/03/24. El Dr. Luís Alberto Álvarez Fermín es Ministro Consejero de la Embajada de la República Bolivariana de Venezuela ante la FAO, Vía Giovanni Antonelli Nº 47-00197, Roma Italia, teléfono 39-068081407, fax 39-0680690022, correo electrónico lualfe99@gmail.com. El Dr. Luís Alfredo Rojas, es Profesor Jubilado de la Universidad de Oriente, teléfono 0295-2626906, correo electrónico elgomez2021@hotmail.com.

ocasionar graves daños al organismo, en muchos casos irreversibles [7]. Se estima que la ingesta de peces contaminados constituye una vía importante para la introducción del MMHg en el organismo humano [2], [8].

En la América Latina, Brasil es el país con la mayor producción de oro, predominantemente el obtenido por la minería artesanal, donde el mercurio vertido al ambiente supera las de otras regiones [9]. En ese sentido, trabajos desarrollados por parte de diferentes investigadores han puesto de manifiesto la elevada concentración de mercurio, en cantidades que superan el limite fijado por la OMS/FAO de 0,5µg/g, en peces para consumo humano capturados en territorios de explotación aurífera [10], [11], aunque en proporciones menores, en áreas alejadas de ellas [12].

En Venezuela, concretamente en la Guayana, región por excelencia de explotación aurífera artesanal, la presencia de mercurio en peces, en concentraciones superiores al nivel establecido, ya ha sido estudiada en varias investigaciones, entre ellas la realizada en áreas del Bajo Caroní [13] y en el lago de Guri [14], [15]. Asimismo, estudios de muestras de cabello y orina de habitantes de las poblaciones El Plomo y El Casabe – estado Bolívar [16], [17] permitieron detectar concentraciones de mercurio en cabello superiores al nivel básico de 6µg/g, sobre todo en personas de sexo femenino y en edad reproductiva que, junto a los recién nacidos, conforman el sector de más alto riesgo. Las investigaciones antes citadas determinaron, además, que la dieta básica de estas poblaciones la constituye los peces capturados en zonas aledañas a sus asentamientos, pudiendo ser estos, por tanto, la vía de contaminación.

En esa dirección, el objetivo del presente trabajo consistió en evaluar la cantidad de mercurio total en tejido de músculo de peces capturados en las zonas habituales de pesca de los habitantes de los asentamientos indígenas El Casabe y El Plomo y, sobre la base de esos resultados, establecer las comparaciones estadísticas según los hábitos alimenticios de cada especie entre cada localidad, así como la relación del contenido mercurial con la talla y con el peso de los ejemplares obtenidos.

## II. DESARROLLO

### 1. Metodología

La pesca de las especies sometidas a investigación fue realizada en las cercanías de las poblaciones El Casabe y El Plomo (Figura 1) por pescadores de esas comunidades, utilizando sus instrumentos tradicionales de pesca. A los peces capturados se les midió, pesó y tomó muestra muscular procedente de la zona dorsal, según procedimiento de uso común recomendado por investigadores de la Fundación La Salle (San Félix) y la FAO/SIDA [18]. Las muestras seleccionadas fueron colocadas en bolsas plásticas selladas y se guardaron en cava con hielo para su traslado hasta Ciudad Bolívar, donde fueron congeladas en el laboratorio de Alacranología de la Escuela de Medicina de la UDO.

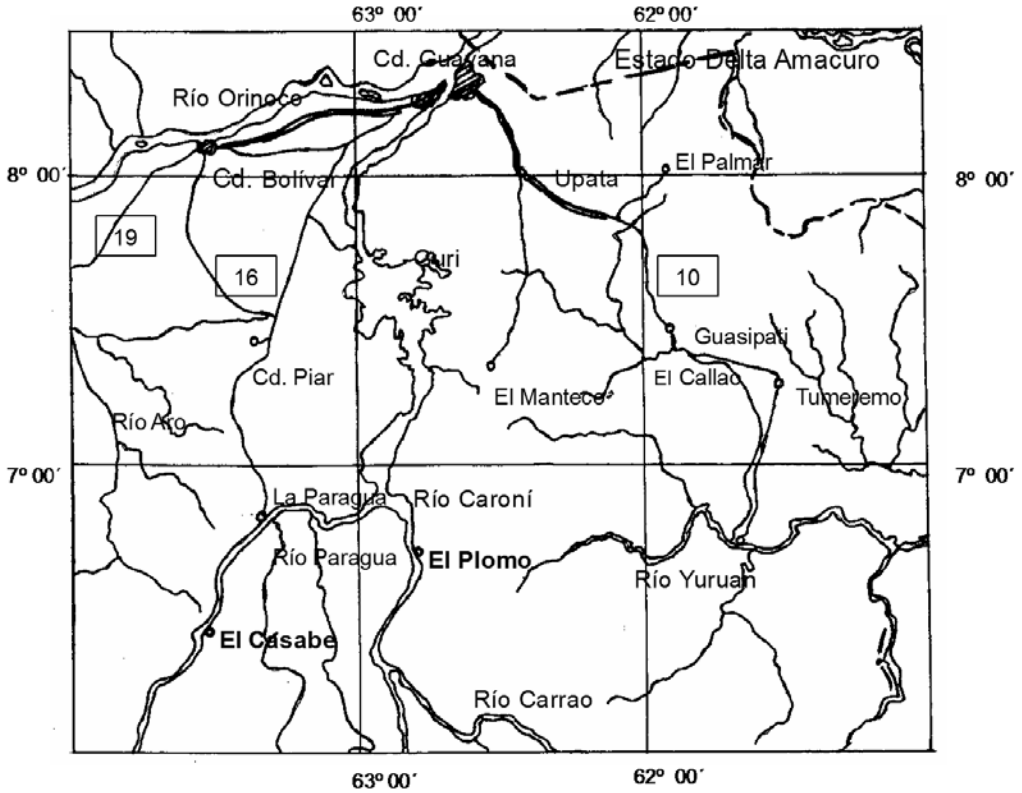


**Figura 1: Ubicación de los asentamientos El Casabe y El Plomo**

Para la determinación del mercurio total, de cada muestra de pez, se pesó entre 0,4 y 0,5g en un erlenmeyer y se sometió a un proceso de digestión ácida (3,5ml ácido sulfúrico – 2ml ácido nítrico) mediante agitación por ultrasonido a la temperatura de 60° C durante 90 minutos. Luego de enfriar se le agregó permanganato de potasio hasta coloración violeta seguido de 2,5ml de cloruro de hidroxilamina al 2% para neutralizar el exceso y se enrasó con agua destilada hasta 40ml. Posteriormente, en el Laboratorio de Química Analítica de la Escuela de Química, Facultad de Ciencias de la UCV se tomó una alícuota de 200µl de cada solución para el análisis mercurial, mediante flujo continuo, usando la técnica de espectrometría de emisión de vapor frío en un equipo Perkin Elmer – FIAS 100, utilizando borohidruro de sodio al 0,2% como reductor. Los ensayos se realizaron por triplicado.

Los resultados expresados en las tablas corresponden al promedio de las determinaciones del contenido de mercurio total según la localidad, número de individuos y hábitos alimenticios. Los datos de peso y talla de los peces fueron correlacionados con la concentración de mercurio en los tejidos musculares, mediante el test de correlación de Spearman. Los valores de concentración de mercurio fueron agrupados por especie y localidad. A estos resultados se les aplicó el test de normalidad, y en caso de distribución normal, se aplicó la evaluación mediante estadística no paramétrica. Para evaluar diferencias entre las medianas de los datos, según especie y localidad, se usó el test de la suma de los rangos de Mann-Whitney. Las diferencias observadas fueron consideradas estadísticamente significativas cuando $p < 0,05$. Los resultados fueron tabulados en el programa Exel de Microsoft® y el procesamiento estadístico de los resultados se realizó mediante el programa Sigma Stat 2.03.

**2. Resultados**

En el poblado indígena El Casabe se capturaron 34 peces, distribuidos en 11 especies, mientras que en El Plomo fue de 42 peces clasificados en 8 especies.

En la Tabla I se observa que la mayor diversidad de especies y de peces capturados correspondió, según sus hábitos alimenticios, a las piscívoras con 53,85%, lo cual es característico en estos reservorios acuáticos, seguidas por las omnívoras con 23,08% y las insectívoras, detritívoras y omnívoras/ herbívoras con 7,69%, tendencia que se mantiene en cada localidad.

Asímismo se reporta en la Tabla I que, según el hábito alimenticio, la especie insectívora dio el mayor contenido promedio de mercurio total (0,712 µ g/g) pero, a pesar de este resultado, al realizar el análisis de las cifras de manera individual (Tablas II y III), correspondió a la especie piscívora payara, la mayor concentración del metal (2,054µg/g), mientras que el menor contenido se observó en la especie piscívora pavón pinta de lapa (0,048µg/g).

**Tabla I: Relación entre hábitos alimenticios con el contenido de mercurio total en peces de las localidades El Plomo y El Casabe**

| Hábitos alimenticios | N | % | n | Mercurio total en músculo (µg/g) | Desviación estándar |
|---|---|---|---|---|---|
| Piscívoros | 7 | 53,85 | 57 | 0,477 | 0,402 |
| Omnívoros | 3 | 23,08 | 11 | 0,497 | 0,166 |
| Insectívoros | 1 | 7,69 | 2 | 0,712 | 0,160 |
| Detritívoros | 1 | 7,69 | 5 | 0,100 | 0,072 |
| Omnívoro/ Herbívoro | 1 | 7,69 | 1 | 0,303 | - |
| Total | 13 | 100 | 76 | 0,459 | 0,370 |

N: número de especies; n: cantidad de ejemplares

En las Tablas II y III se detalla nombre vulgar, científico, rangos de tamaño, de peso, número de ejemplares, rango de concentración y concentración promedio de mercurio total de los ejemplares obtenidos en los alrededores de El Casabe y El Plomo respectivamente. Al aplicar el test de Sperman, tanto a las muestras obtenidas en El Casabe como a las de El Plomo discriminando según sus hábitos alimenticios, en ningún caso se encontró correlación entre la concentración de mercurio total con la talla y el peso.

La comparación del contenido de mercurio total en las muestras de peces capturados en El Casabe, según el test de Mann-Withney (Wilcoxon), dio diferencias significativas entre las especies detritívoras con las piscívoras, omnívoras e insectívoras, así como entre las insectívoras y las piscívoras y las omnívoras con las piscívoras, mientras entre las especies omnívoras/herbívoras con las piscívoras, omnívoras, insectívoras y detritívoras y las insectívoras con las omnívoras, no se obtuvieron diferencias significativas a nivel analizado.

Del análisis similar en el caso de El Plomo, al comparar las especies piscívoras con las detritívoras si hubo diferencias significativas a nivel de significancia utilizado.

**TABLA II: Contenido de mercurio total en peces capturados en El Casabe**

| Nombre vulgar (Hábito alimenticio) | Nombre científico | Tamaño (cm) | Peso (g) | n | Rango de concentración (μg/g) | Mercurio total en músculo (μg/g) | Desviación estándar |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Payara (P) | *Hydrolycus armatus* | 38-90 | 800-4200 | 4 | 0,261-1,785 | 0,928 | 0,547 |
| Machetón (I) | *Sternopygus macrurus* | 22-30 | 300-430 | 2 | 0,552-0,871 | 0,711 | 0,160 |
| Bagre tararan (O) | *Ageneiosus sp.* | 13-19 | 100-130 | 4 | 0,327-0,853 | 0,557 | 0,206 |
| Bagre chola (O) | *Ageneiosus inermis* | 13-25 | 90-310 | 4 | 0,444-0,660 | 0,478 | 0,126 |
| Bagre (O) | *Ageneiosus sp.* | 20 | 140-160 | 3 | 0,268-0,557 | 0,444 | 0,126 |
| Curbinata (P) | *Plagioscion squamosissimus* | 19-39 | 245-800 | 8 | 0,132-0,712 | 0,354 | 0.185 |
| Morocoto (O/H) | *Colossoma brachipomus* | 1200 | 25000 | 1 | 0,303 | 0,303 | |
| Aymara (P) | *Hoplias macrophthalmus* | 48-51 | 1500-2000 | 3 | 0,187-0,257 | 0,214 | 0,031 |
| Guitarrilla (P) | *Leptodoras linnellii* | 40 | 1500 | 1 | 0,142 | 0,142 | |
| Pavón (P) | *Cichla orinocensis* | 21 | 250 | 1 | 0,119 | 0,119 | |
| Coporo guayanés (D) | *Prochilodus rubrotaeniatus* | 38-54 | 1800-4400 | 3 | ND-0,120 | 0,056 | 0,050 |

P: piscívoro; D: detritívoro; H: herbívoro; O: omnívoro; I: insectívoro; número de ejemplares: n; no determinado: ND

**TABLA III: Contenido de mercurio total en peces capturados en El Plomo**

| Nombre vulgar (Hábito alimenticio) | Nombre científico | Tamaño (cm) | Peso (g) | n | Rango de Concentración (μg/g) | Mercurio total en músculo (μg/g) | Desviación estándar |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Payara (P) | *Hydrolycus armatus* | 60-83 | 2500-4500 | 2 | 1,086-2,054 | 1,570 | 0,484 |
| Aymara (P) | *Hoplias macrophthalmus* | 84 | 8000 | 1 | 1,032 | 1,032 | |
| Guitarrilla (P) | *Leptodoras linnellii* | 38-46 | 1000-1600 | 3 | 0,199-1,238 | 0,599 | 0,457 |
| Caribe capa perro (P) | *Serrasalmus sp.* | 16-19 | 90-190 | 10 | 0,192-1,116 | 0,593 | 0,285 |
| Curbinata (P) | *Plagioscion squamosissimus* | 25-59 | 180-450 | 18 | ND-0,807 | 0,380 | 0,207 |
| Pavón (P) | *Cichla orinocensis* | 30 | 300 | 1 | 0,266 | 0,266 | |
| Coporo (D) | *Prochilodus rubro taeniatus* | 28-32 | 460-610 | 2 | 0,120-0,212 | 0,166 | 0,047 |
| Pavón pinta de lapa (P) | *Cichla temensis* | 27-31 | 300-410 | 5 | 0,048-0,307 | 0,151 | 0,102 |

P: piscívoro; D: detritívoro; número de ejemplares: n; no determinado: ND

**3. Discusión**

Los valores encontrados del contenido de mercurio total en las muestras analizadas, en algunos casos superan el valor recomendado por la OMS, fundamentalmente en el caso de la payara que mostró los valores más altos: 1,785µg/g en El Casabe y 2,054µg/g en El Plomo, para un promedio también elevado para esa especie de 0,928µg/g y 1,570µg/g respectivamente (Tablas II y III). En El Casabe, las otras especies piscívoras dieron contenidos promedio debajo del nivel límite indicado, mientras que la especie insectívora machetón, la omnívora bagre tararán y algunos ejemplares de los omnívoros bagre chola, bagre y el piscívoro curbinata, dieron cifras superiores al nivel normal. En El Plomo, además de la payara, otra especie piscívora, la aimara, dio elevado contenido de mercurio total (1,032µg/g), mientras que otros de similares hábitos alimenticios: la guitarrilla, el caribe capa perro y algunas muestras de curbinata resultaron con valores más bajos aunque sobre 0,5µg/g (Tabla III). En concordancia con estos resultados, la payara es uno de los peces en el que se ha reportado en Venezuela, específicamente en Guayana, la mayor concentración de mercurio total [14], [19]. En conjunto, las investigaciones realizadas a nivel mundial coinciden al publicar las más altas concentraciones de mercurio para las especies de hábitos alimenticios piscívoras [2], [6].

Los resultados anteriores, al igual que los encontrados en esta investigación, tienen su base en el hecho que las variedades piscívoras, al alimentarse de otros peces, principalmente de aquellos provenientes de reservorios contaminados con mercurio como lo constituye el caso del presente trabajo. Diferentes tamaños, pesos y altos porcentajes de MMHg en los músculos (alrededor de 80%), producto de la bioacumulación, son más propensos a acumular el compuesto orgánico en dichos tejidos en la medida que avanza su edad. Contrario a esto, el análisis de muestras de ejemplares detritívoros como el coporo dieron valores bajos, inferiores al límite internacional. Estos resultados coinciden con las investigaciones realizadas en nuestro país [13], [14], [15], en lo relativo al coporo y otras especies de hábitos similares como la sardina (*Curimata spilura*) y el bocachico (*Curimata sp*.) y posiblemente obedece al hecho que, debido a sus características morfológicas y hábitos migratorios, entre otros, son muy selectivos a la hora de consumir alimentos, siendo sus preferidos detritos de poco tamaño que retienen, fundamentalmente, mercurio en su forma inorgánica. Estos compuestos, a diferencia de los orgánicos como el MMHg, que tiene afinidad por los tejidos musculares, se asimilan en los tejidos de los riñones y del hígado [20].

En El Casabe, lugar donde se capturaron las especies omnívoras, dieron en su mayoría valores cercanos al límite establecido por la OMS (Tabla II), aunque en algunas muestras se obtuvieron valores elevados de 0,853µg/g para el bagre tararán o 0,660µg/g para el bagre chola, lo cual no dista mucho de otros resultados publicados que ubican a las especies piscívoras y las omnívoras dentro del grupo de consumidores de presas con alto contenido de MMHg (sobre todo en el trópico), de entre 35 y 52% para los invertebrados bentónicos y hasta un 80% en tejido muscular de ejemplares de diferentes especies [20].

Los altos contenidos de mercurio total en la especie insectívora machetón que se muestran en la Tabla II, pero que incide en el promedio de la Tabla I, podría ser motivo de nuevos estudios tendentes a determinar el nivel de asimilación del mercurio o del MMHg, existente en el medio acuático, por parte de la entomofauna presente en los reservorios investigados en este trabajo, o cabría la posibilidad del cambio de comportamiento de los hábitos alimenticios de esta especie, lo cual también debería ser analizado.

Por otra parte, tal como se señaló en la sección de resultados, la aplicación del test de correlación de Sperman reveló la inexistencia de relación alguna entre las especies clasificadas, según su hábito alimenticio, y el contenido de mercurio con la talla y el peso, en lo que coincide con otros autores [21]. Contrario a esto, algunos trabajos han conseguido correlacionar el tamaño del ejemplar con el contenido de mercurio en algunas especies piscívoras [2], [22].

De la comparación de los resultados, utilizando el test de Mann-Whitney, la especie detritívora capturada (coporo), es la única donde se aprecia diferencias significativas en el contenido de mercurio total, con respecto a todas las otras especies (al nivel de $p < 0,001$ con respecto a los piscívoros; $p < 0,001$ para los omnívoros y $p = 0,010$ para los insectívoros). Este resultado tiene su base en las bajas cifras obtenidas en el análisis químico de las muestras de coporo, lo cual repercute en el valor de la mediana calculada; por lo demás, este hecho se sustenta con los argumentos presentados en párrafos anteriores.

Los otros resultados estadísticos, en el caso de El Casabe, ubican a los piscívoros con diferencias significativas con respecto a los omnívoros ($p = 0,032$) y a los insectívoros ($p = 0,045$) donde el primero de ellos, contradictoriamente, tiene una mediana inferior a los otros, lo cual podría tener su explicación en la gran variedad de especies piscívoras capturadas (5), así como el mayor número de ejemplares (17). Sobre este aspecto es importante resaltar, además, las diferencias de cada uno de los especímenes en cuanto a talla, peso y concentración de mercurio. Específicamente sobre este último parámetro, la Tabla I muestra para los piscívoros la mayor dispersión de los datos, hecho que se observa más particularmente en la Tabla II para la payara (0,928±0,547µg/g) y la Tabla III para la payara y la guitarrilla (1,570±0,484µg/g; 0,599±0,457mg/g respectivamente). En comparación, el menor número de especies y de ejemplares omnívoros e insectívoros obtenidos, (3 y 11; 1 y 2, respectivamente) pudo haber incidido en estos resultados estadísticos de estas especies.

## III. CONCLUSIONES

1 De los análisis de mercurio realizados se concluye que, del total de especies capturadas, el 46.13% muestra niveles promedio de mercurio total en tejido muscular sobre los valores fijados por la OMS/FAO (0.5µg/g).

2 De ese porcentaje, el 83.33% corresponde a especies de hábitos alimenticios piscívoros y omnívoros siendo estos valores, para la misma especie, mayores en los ejemplares capturados en las proximidades de la población de El Plomo.

3 La aplicación del test de correlación de Sperman, discriminando según sus hábitos alimentarios, no mostró correlación entre la concentración de mercurio total con la talla y el peso.

4 El empleo de la prueba de Mann-Withney (Wilcoxon) en El Casabe no dio diferencias significativas al comparar las concentraciones de mercurio, determinadas en las especies omnívoras/herbívoras con respecto a las piscívoras, omnívoras, insectívoras y detritívoras y entre las insectívoras y omnívoras, mientras que si hubo diferencias al comparar las detritívoras con las piscívoras, omnívoras e insectívoras y entre las insectívoras con las piscívoras, así como entre las omnívoras y las piscívoras.

5 En El Plomo hubo diferencias significativas entre las piscívoras y las detritívoras.

## IV. REFERENCIAS


1) Roulet, M., et al., Effects of recent human colonization on the presence of mercury in Amazonian ecosystems. Water Air Soil Pollut. 112, 1999, pp. 297-313.
2) Mol, J.H., et al., Mercury Contamination in Freshwater, Estuarine, and Marine Fishes in Relation to Small-Scale Gold Mining in Suriname, South America. Environ. Res. Section A 86, 2001, pp. 183-197.
3) Limbong, D., et al., Emissions and environmental implications of mercury from artisanal gold mining in Indonesia. The Sci. Total Environ. 302, 2003, pp. 227-236.
4) Compeau, G.C., Bartha, R., Sulfate-Reducing Bacteria: Principal Methylators of Mercury in Anoxic Estuarine Sediment. Appl. Environ. Microbiol. 1985, pp. 498-502.
5) Dorea, J.G., Barbosa, A., Silva, G. S., Fish Mercury Bioaccumulation as a Function of Feeding behavior and hydrological cycles of the Rio Negro, Amazon. Com. Biochem. Physiol., Part C 142, 2006, pp. 275-283.
6) Hylander, L., et al., Fish mercury increase in Lago Manso, a new hydroelectric reservoir in tropical Brazil. J. Environ. Management 81, 2006, pp. 155-166.
7) UNEP, Global mercury assessment. Geneva, Switzerland. United Nations Environment Programme - Chemicals. 2002, 258 p.
8) Holsbeek, L., Das H.K., Joiris.C.R., Mercury in human hair and relation to fish consumption in Bangladesh. Sci. Total Environ. 186.(3), 1996, pp. 181-188.
9) UNIDO, Introducing New Technologies for Abatement of Global Mercury Pollution in Latin America. Rio de Janeiro, 1997, 72 p.
10) Palheta, D., Taylor, A., Mercury in environmental and biological simples from a gold mining area in the Amazon region of Brazil. Sci. Total Environ. 168, 1995, pp. 63-69.
11) Malm, O., et al., Follow-up mercury levels in fish, human and urine in the Madeira and Tapajós basin, Amazon, Brazil. Water, air and soil pollution. 97(1–2), 1997, pp. 45-51.
12) Brabo, E.S., et al., Mercury in fish from areas far away from gold mining activities in the Amazon region, Pará, Brazil. In: Mercury as a Global Pollutant-5th International Conference. May 23 -28 Río de Janeiro, Brazil, 1999, p. 203.
13) MINPROC, Lower Caroní Project. Final Report to CVG-VPC Minería. Vancouver. BC.,1991, 300 p.
14) Veiga, M., Report Mercury Bioaccumulation in Bajo Caroní and Guri . Preparated to Profauna. Caracas, 1995, 43 p.
15) Pérez, L., Niveles de mercurio en Peces Comerciales del embalse de Gurí, Venezuela. Resúmenes de ponencias V Seminario Guayanés Sobre Conservación del Ambiente. Puerto Ordaz, 1996, p. 22.
16) Alvarez, L., Rojas L., Fuentes N., Contribución al estudio de la contaminación Mercurial en Algunas Poblaciones Ribereñas del lago de Guri, estado Bolívar. Resúmenes de ponencias LI Convención Anual de AsoVAC, 2001, p. 91.
17) Álvarez, L., Rojas, L., Presencia de Mercurio Total en Habitantes de los Asentamientos Indígenas, El Casabe, Municipio Autónomo Raúl Leoni y El Plomo, Municipio Autónomo Manuel Piar Estado Bolívar. SABER, 18 (2), 2006, pp. 161-167.
18) FAO/ SIDA, Manual de métodos de investigación del medio ambiente acuático. Parte 9. Análisis de presencia de metales y organoclorados en los peces. FAO, Doc. Téc. Pesca 212, 1983, pp. 1-35.
19) Sandoval, M.C., et al., Application of sustainable development concepts to an alluvial mineral extraction project in Lower Caroni River, Venezuela. Journal of Cleaner Production 14, 2006, pp. 415-426
20) Maury-Brachet, R., et al., Mercury distribution in fish organ and food regimes: Significant relationship from twelve species collected in French Guiana (Amazonian basin). Sci. Total Environ. 368, 2006, pp. 262-270.
21) Farias, R.A., et al., Mercury contamination in farmed fish setup on former garimpo mining areas in the Northern Mato Grosso State, Amazonian region, Brazil. Sci. Total Environ. 348, 2005, pp. 128-134.
22) Belger, L., Forsberg, B.R., Factors controlling Hg levels in two predatory fish species in the Negro river basin, Brazilian Amazon. Sci. Total Environ. 367, 2006, pp. 451-459.


## AGRADECIMIENTOS

Se agradece muy especialmente al Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente y a FUNDACITE–Bolívar el financiamiento de la investigación realizada. Asimismo, se agradece al personal del Centro de Geociencias del Núcleo Bolívar de la Universidad de Oriente y del Laboratorio de Química Analítica, Facultad de Ciencias, de la Universidad Central de Venezuela por el apoyo prestado en las determinaciones analíticas. A los habitantes de los asentamientos indígenas El Casabe y El Plomo, al Dr. Pedro Parrilla por el manejo del paquete estadístico, al Profesor Arnaldo Mendoza y al Sr. Lennart Holmquist por su destacada colaboración.