

**Gonzalo Ordoñez & Estanislao Dávila**

**Lima, junio 2011**

<b>1</b>	<b>Antecedentes</b>	<b>3</b>
1.1	Desarrollo de actividades en la zona	3
1.2	Actividades Mineras en la zona	4
1.3	Estudios Previos	4
1.3.1	A Nivel Mundial	4
1.3.2	A Nivel Nacional	8
1.3.3	A Nivel Local	8
<b>2</b>	<b>Marco Legal</b>	<b>10</b>
2.1	Normatividad General	10
2.2	Normatividad Específica	17
<b>3</b>	<b>Ubicación y características de la Zona de Estudio</b>	<b>20</b>
3.1	Ubicación Geográfica	20
3.2	Caracterización de la Zona	20
<b>4</b>	<b>Descripción de Componentes bióticos y abióticos de la zona</b>	<b>22</b>
4.1	Componentes Bióticos	22
4.1.1	Flora	22
4.1.2	Micro flora	22
4.1.3	Fauna	22
4.1.4	Micro fauna	23
4.2	Componentes abióticos	23
4.2.1	Hidrografía	23
4.2.2	Calidad del Agua	26
4.2.3	Calidad del Aire	26
4.2.4	Ruido	27
4.2.5	Morfología del Terreno	28
4.2.6	Suelo	28
4.2.7	Sedimentos	29
<b>5</b>	<b>Descripción del Ambiente Socio Económico</b>	<b>30</b>
5.1	Educación	30
5.2	Salud	30
5.3	Población y Vivienda	31
5.4	Actividades Económicas	32
5.5	Vías de comunicación	33
<b>6</b>	<b>Análisis Ambientales realizados</b>	<b>34</b>
6.1	Calidad de Agua	34
6.2	Calidad del Aire	39

6.3	Ruido	41
6.4	Suelo	41
6.5	Sedimentos	43
6.6	Conclusiones de los Análisis realizados	44
<b>7</b>	<b>Estudio de Salud Ocupacional</b>	<b>45</b>
7.1	Antecedentes	45
7.2	Referido al Mercurio	45
7.3	Descripción de las labores en APAYLOM	47
7.3.1	Características de los Yacimientos mineros	48
7.3.2	Características de los Tipos de Explotación	48
7.3.3	Proceso de extracción del Oro	49
7.4	Análisis realizados	52
7.4.1	Determinación de la Población muestral.	53
7.4.2	Toxico cinética y Toxico dinámica del Mercurio.	55
7.4.2.1	ABSORCIÓN	56
7.4.2.2	DISTRIBUCIÓN	57
7.4.2.3	EXCRECIÓN	58
7.4.3	Efectos Sobre la Salud	59
7.4.3.1	MERCURIO ELEMENTAL Y COMPUESTOS INORGÁNICOS	59
7.4.3.2	METILMERCURIO	61
7.4.4	Mecanismos de acción del metilmercurio	66
7.5	Resultados de los análisis realizados	69
7.5.1	Dosaje de mercurio en sangre	69
7.5.2	Dosaje de mercurio en cabello	71
7.5.3	Determinación de Hemoglobina y Hematocritos	75
7.5.4	Descarte de Enfermedades de Transmisión Sexual (Análisis Serológico)	76
7.5.5	Prueba de Elisa Recombinante (VIH).	76
7.5.6	Prueba BK en esputo.	77
7.6	Aplicación de Encuesta de Hábitos Personales	78
7.6.1	Información General	78
7.6.2	Información Laboral	80
7.6.3	Información de Vida y Alimentación	82
7.7	Conclusiones de los resultados obtenidos	85
<b>8</b>	<b>Conclusiones del estudio</b>	<b>86</b>
8.1	Del estudio ambiental	86
8.2	Del estudio de Salud Ocupacional	86
<b>9</b>	<b>Recomendaciones</b>	<b>88</b>
<b>10</b>	<b>Bibliografía</b>	<b>89</b>
<b>11</b>	<b>Galería Fotográfica</b>	<b>96</b>
<b>12</b>	<b>Anexos</b>	<b>99</b>

## 1 Antecedentes

### 1.1 Desarrollo de actividades en la zona

Las actividades que se desarrollan en el Departamento de Madre de Dios comprenden la minería, la actividad agropecuaria, la pesca, extracción forestal de madera, Recolección de castaña, Extracción de recursos del bosque, Turismo e Hidrocarburos. La zona de estudio no está exenta de alguna de estas actividades.

El Departamento de Madre de Dios, según su historia reciente, ha seguido un proceso errático en el desarrollo de sus actividades económicas; ha pasado de actividades extractivas (madera y oro, principalmente) hacia sistemas de producción agropecuaria que no corresponden ni al tipo de suelo ni al volumen de la demanda local (Instituto Nacional de Recursos Naturales 2005). Recién en los últimos años actividades como el turismo y la extracción de productos no maderables (castañas), parecen estar en la senda de modos más sostenibles de uso del territorio. Según estimaciones del INEI (2001), Madre de Dios es una de las regiones con menor desarrollo económico y ha aportado al PBI nacional solamente 0,4%.

**Cuadro N° 001 - Estructura productiva de Madre de Dios**

Sector	Madre de Dios		Perú	
	PBIr %	PBIIn %	PEAr	PEAn
<b>Sector primario</b>	<b>43,70</b>	<b>2,80</b>	<b>12.746</b>	<b>1.951.385</b>
Agricultura, caza y silvicultura	8,40	0,40		
Pesca	0,10	0,10		
Minería	35,20	2,30		
<b>Sector secundario</b>	<b>9,50</b>	<b>0,40</b>	<b>1.921</b>	<b>969.579</b>
Manufactura	7,30	0,20		
Construcción	2,20	0,20		
<b>Sector terciario</b>	<b>46,80</b>	<b>5,40</b>	<b>10.050</b>	<b>2.992.545</b>
Electricidad y agua	22,20	4,20		
Comercio	5,10	0,10		
Transportes y comunicaciones	1,80	0,10		
Restaurantes y hoteles	4,10	0,40		
Servicios gubernamentales	7,10	0,50		
Otros servicios	6,50	0,10		
<b>Valor agregado bruto</b>	<b>100,00</b>	<b>0,40</b>		

Fuente: INEI (2001); Banco Central de Reserva del Perú (2006).

Nota: PEA: población económicamente activa; PEAR: PEA regional; PEAn: PEA nacional; PBIr: PBI regional; PBIIn: PBI nacional.

La zona de estudio que es la zona ubicada en la margen derecha del Río Malinowski ha desarrollado actividades conexas a la explotación de oro, el comercio y el transporte principalmente; sin embargo estas actividades, no representan ni el 5% del PBI de la Provincia. Las labores agrícolas están siendo reemplazadas cada vez más por labores relacionadas a la explotación del oro.

## 1.2 Actividades Mineras en la zona

La actividad minera en Madre de Dios tiene larga data, algunas referencias señalan la época del Incanato como fecha de origen de la explotación de oro en la zona; pero es a partir de la década de los 30s en que la actividad se desarrolla de manera continua; sin embargo, el boom de la explotación de este preciado metal se presenta a partir del año 1970 como consecuencia del aumento del precio del metal. La extracción del oro se realiza sobre el material depositado en los cauces de los ríos y sus playas. (INRENA 2007).

En la década de los 80s, se producen cambios en la actividad extractiva, al incrementarse la frontera minera y la aparición de nuevas tecnologías, ya que hasta ese momento las actividades se desarrollaban solo de manera artesanal en las playas de los ríos. De acuerdo a información proporcionada por el INEI (2004), en la década de 1990, se incorporaron cargadores frontales en el proceso de extracción de oro, principalmente en las subcuencas de los ríos Huepetuhe y Caychihue. Para inicios del año 2000, el oro se había convertido en el principal mineral de exportación, al representar el 35% de las exportaciones minerales (antes, representaba 20%). (Ministerio de Energía y Minas del Perú 1997).

Según datos del INEI (2004), la zona aurífera de la región se concentra en las provincias de Tambopata y Manu, **en el río Malinowski**, las cuencas de los ríos Madre de Dios e Inambari, así como en las **subcuencas** de los ríos **Caychihue y Malinowski**. (INRENA 2007).

Existen dos sistemas para la extracción del oro: el primero es el sistema artesanal que utiliza fundamentalmente la fuerza humana y algunos materiales rústicos como carretillas, bateas y zarandas. El segundo sistema comprende el uso de máquinas pesadas como cargadores frontales, motobombas, generadores eléctricos y plataformas (chutes). El trabajo se realiza durante las 24 horas, con tres turnos de ocho horas (Instituto Nacional de Desarrollo 2007).

## 1.3 Estudios Previos

En este acápite consideraremos los estudios realizados principalmente en relación al mercurio, considerando que este es, no el único, el elemento más contaminante de la actividad de extracción del oro.

### 1.3.1 A Nivel Mundial

A nivel mundial se han realizado estudios muy detallados de los efectos del mercurio en el organismo humano y sobre el medio ambiente. Una de las organizaciones más involucradas en el desarrollo de estos estudios es la ONU, a tal punto que en el año 2009, la mayor parte de ministros de Medio Ambiente de todo el mundo, por iniciativa del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), acordaron la creación de un tratado mundial vinculante que controlara la contaminación por mercurio. La primera reunión del Comité Intergubernamental de Negociaciones se llevó a cabo en Estocolmo en junio de 2010.

En Japón, se celebró la segunda reunión, en la que se acordó invitar a los gobiernos a aportar su punto de vista sobre el asunto, para que el acuerdo sea internacionalmente aceptado y legalmente vinculante.

La tercera sesión del Comité Intergubernamental de Negociaciones sobre el mercurio se celebrará en Nairobi, Kenia, entre el 31 de octubre y el 4 de noviembre de 2011. Todos los países han tenido la oportunidad de aportar información sobre las fuentes de emisión de mercurio existentes en su territorio para ayudar a que la Secretaría del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) prepare esta tercera sesión.

Uno de los documentos más importantes generados por la ONU se denomina Global Mercury Assessment (Evaluación Mundial sobre el Mercurio) publicado por el PNUMA – Productos Químicos en Diciembre del 2002, en el mismo se detalla el comportamiento químico del mercurio, su toxicología, sus formas de exposición, el riesgo para la salud humana y sus efectos en el medioambiente, entre otros tópicos.

De la misma forma se ha iniciado ya hace algunos años el Global Mercury Project con la participación de United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), the Global Environmental Facility (GEF) y the United Nations Development Program (UNDP) y con el apoyo de los Gobiernos de Zimbabwe, Tanzania, Sudan, Indonesia, Brazil and Laos.

En general, en lo referido a la minería artesanal en el resto del mundo, se ha podido hallar información sobre estudios desarrollados por la OIT – IPEC, cuyo autor César Mosquera es Director del Programa IPEC/Minería Artesanal Sudamérica de la OIT. El estudio ha permitido a su autor elaborar un cuadro sobre los aspectos positivos y negativos de la Minería Artesanal, el cual se muestra a continuación:

**Cuadro N° 002 – Aspectos positivos y negativos de la Minería Artesanal**

<b>Componente</b>	<b>Aspectos Positivos</b>	<b>Aspectos Negativos</b>
Geológicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hace prospección exitosa y de bajo costo</li> <li>▪ Explora yacimientos pequeños, minas abandonadas, reprocesa relaves y escombros no aprovechables por la minería de mayor escala</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Explotación no racional de recursos de alta ley</li> <li>▪ Explotación incompleta de recursos, pérdida de reservas</li> </ul>
Ambientales		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contaminación del ambiente</li> <li>• Salud de la comunidad y condiciones de vida infrahumanas</li> </ul>
Sociales	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Genera empleo</li> <li>▪ Califica mano de obra</li> <li>▪ Genera ingresos y medios de subsistencia familiar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Informalidad</li> <li>▪ Malas condiciones de seguridad y salud en el trabajo</li> <li>▪ Relaciones de dependencia y explotación complejas, bajos ingresos</li> <li>▪ Trabajo infantil peligroso</li> <li>▪ Discriminación de las mujeres en el acceso al recurso y los beneficios de la actividad</li> </ul>
Económicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Es precursora de la minería en gran escala.</li> <li>▪ Produce con alto coeficiente de empleo.</li> <li>▪ Desarrolla economías locales y rurales.</li> <li>▪ Demanda insumos de origen local.</li> <li>▪ Contribuye a las ganancias en divisas.</li> <li>▪ Contiene procesos migratorios hacia las ciudades principales o a zonas de cultivos ilícitos.</li> <li>▪ Es una válvula de escape en contextos de desempleo y reformas estructurales.</li> <li>▪ Es una reserva de personal calificado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Desarrollo descontrolado, no planificado</li> <li>▪ Contrabando</li> <li>▪ No pago de impuestos</li> <li>▪ Costos generados por conflictos sociales</li> </ul>

Fuente: César Mosquera. OIT – IPEC .2009

Como podemos apreciar en el cuadro anterior se han tipificado los aspectos negativos de la actividad artesanal, por lo que la solución de los problemas generados por estos aspectos negativos debe requerir de nuestra atención urgente. Se debe resaltar que en el componente

ambiental no se tiene aspectos positivos y que a partir del tratamiento de los aspectos negativos se puede por lo menos controlar el daño que en este momento se está produciendo al medio ambiente.

A continuación mostramos el Cuadro N° 003, con algunas características de la Minería Artesanal y a Pequeña Escala en diversos países del orbe.

**Cuadro N° 003. Empleo y Producción en la MAPE en Países Seleccionados**

	<b>Número de Trabajadores (miles)</b>	<b>Minerales (proporción de mineros en la MAPE, cuando existen)</b>	<b>Producción Anual (en miles de toneladas a menos que se indique algo diferente)</b>	<b>Proporción de la Producción Nacional de la MAPE</b>
<b>Bolivia</b>	72	Metales base 54%, oro 45%	Oro – 12 toneladas Plata – 433 toneladas Zinc – 149 Estaño 12	Todos los minerales – 27%
<b>Brasil</b>	Mineros en pequeña escala, 67; garimpeiros, <sup>a</sup> hasta 300–400	Mineros en pequeña escala: materiales de construcción y edificación 84%; garimpeiros: oro 73%, diamantes 11%, casiterita 10%	–	–
<b>Burkina Faso</b>	100–200	Oro, fosfatos, caliza, caolín, arcilla, materiales de construcción	Oro – 513 kilogramos	Oro – 46% de toda la producción de oro
<b>China</b>	3.000–15.000	Carbón 46%, materiales de construcción y edificación 44%, hierro, oro, metales base, minerales para la agricultura	Carbón – 475.590 Piedra caliza – 161.300 Hierro – 68.120 Oro – 21 toneladas	–
<b>Ecuador</b>	92	Oro 65%, materiales de construcción 23%, piedra pómez 6%	Oro – 4 toneladas Piedra pómez – 172	–
<b>Ghana</b>	200	Oro 67%, diamantes 30%	Oro – 107 onzas Diamantes – 558.241 quilates	Todos los minerales – 17% Diamantes – 60–70%
<b>India</b>	500	Mineral de hierro 23%, manganeso 10%, cobre 6%, piedra caliza y materiales de construcción, bauxita, galena y esfalerita, fosfatos	–	–

	<b>Número de Trabajadores (miles)</b>	<b>Minerales (proporción de mineros en la MAPE, cuando existen)</b>	<b>Producción Anual (en miles de toneladas a menos que se indique algo diferente)</b>	<b>Proporción de la Producción Nacional de la MAPE</b>
<b>Indonesia</b>	109	Oro 55%, carbón 18%, estaño, arcilla, piedra de tallar, diamantes	Oro – 30 toneladas Carbón – 4.000 Estaño – 42 Diamantes – 33.600 quilates	–
<b>Malawi</b>	40	Cal 12%, carbón, piedras preciosas, ladrillos, arena, arcilla	Cal – 3.250 Carbón – 44	
<b>Mali</b>	200	Oro, diamantes, piedras semipreciosas	Oro – 1.7 toneladas	Oro – 6%
<b>Mozambique</b>	60	Oro, piedras preciosas	Oro – 360–480 kilogramos	
<b>Papua Nueva Guinea</b>	50–60	Oro 90%	Oro – 1.850 kilogramos	–
<b>Perú</b>	30	Oro	Oro – 15 toneladas +	Oro – 16%
<b>Filipinas</b>	185	Oro 89%, arena y ripio 7%, minerales industriales 4%	Oro – 17 toneladas	–
<b>Sudáfrica</b>	10	Oro, diamantes, piedras preciosas, caolín, piedra caliza, carbón, piedras dimensionadas, sal, arena, plata, talco	–	–
<b>Tanzania</b>	550	Piedras preciosas 54%, oro 4%, cal, sal, agregados 5%, yeso, piedras dimensionadas, diamantes, arena	Piedras preciosas – 48 toneladas Oro – 720 kilogramos Sal – 97 Piedra caliza – 120 Yeso – 9 Diamantes – 93.205 quilates	–
<b>Zambia</b>	30	Piedras preciosas (especialmente esmeraldas), plomo, piedra caliza, piedras dimensionadas, cuarzo, arena, plata	–	–
<b>Zimbabwe</b>	350	Oro, tantalita	–	–

<sup>4</sup> Término usado en Brasil para denominar a los mineros artesanales

Fuente: MMSD Global and Country ASM Reports. Los datos correspondientes a Brasil fueron extraídos de Barreto (2001)

Fuente: MMSD. 2004.

### 1.3.2 A Nivel Nacional

A nivel nacional también se han desarrollado diversos estudios para caracterizar la actividad minera artesanal y los problemas que con ella se generan, a continuación mencionaremos solo algunos de estos estudios.

Víctor Hugo Pachas, analiza en su artículo “Minería artesanal y en pequeña escala de oro y sus conflictos socio-ambientales en el Perú”, los conflictos que se generan alrededor de la Minería Artesanal, citando los problemas generados en Puno, en Arequipa, Ayacucho y en la Libertad, además de Madre de Dios.

Pachas señala en su documento que “El conflicto es un hecho social comparado a un iceberg, en el sentido de que sólo hace visible algunos aspectos (límites físicos, actividades, grupos, posiciones) y oculta otros (rivalidades, desconfianza, valores, actitudes, temores, intereses y poder). Será entendido como parte de la realidad que –necesariamente– no implica acciones físicas o verbales, sino que está marcado por la lucha de poder e intereses para influir en la toma de decisiones para objetivos particulares. El término conflictos socio ambientales es la disputa en torno a la propiedad, uso, usufructo y apropiación de recursos naturales”.

Como se puede apreciar a partir de este artículo, la minería artesanal genera conflictos como componente intrínseco a su desarrollo.

Por otro lado en el año 1995, Rosario Gómez García, desarrolla el Diagnóstico sobre la contaminación ambiental en la Amazonia Peruana, para el IIAP, en el describe los diferentes tipos de contaminación presentes en las ciudades de nuestro país, se hace referencia a la contaminación urbanística, a la contaminación generada por actividades petroleras y por supuesto a la contaminación por las actividades de lavado de oro.

César Mosquera, en su artículo “El desafío de la formalización en la minería artesanal y de pequeña escala”, realiza un Análisis de las experiencias de formalización de la minería de pequeña escala en el Perú, haciendo referencia a experiencias en Ayacucho y por supuesto en Madre de Dios.

### 1.3.3 A Nivel Local

Hasta ahora se ha visto los diferentes problemas que alrededor de la Minería artesanal se generan en el mundo y a nivel nacional, estos problemas incluyen la contaminación y los daños generados por el mercurio usado en las actividades de purificación del oro.

Como ha señalado un estudio desarrollado por la ONERN en 1986, la explotación aurífera está centralizada en Madre de Dios y remueve millones de metros cúbicos de tierra, arena y grabas de riberas y lechos de río, así como áreas boscosas hasta profundidades de 3 a 6 metros.

El documento más reciente con respecto al problema de la Minería en Madre de Dios es el producido por el IIAP y el Ministerio del Ambiente, “MINERÍA AURÍFERA EN MADRE DE DIOS Y CONTAMINACIÓN CON MERCURIO. Una Bomba de tiempo”, en el se describe de manera concreta los problemas que se generan con la Minería Aurífera en este Departamento.

En el documento señalado se realiza una recopilación de las últimas normas legales que tienen como objeto revertir la problemática situación generada por la minería artesanal, podemos citar como ejemplo la mención al Decreto de Urgencia N° 012 – 2010, en el que se declara de necesidad pública, interés nacional y de ejecución prioritaria el ordenamiento de la minería

aurífera en el departamento de Madre de Dios, a fin de garantizar la salud de la población, la seguridad de las personas, la recaudación tributaria, la conservación del patrimonio natural, y el desarrollo de actividades económicas sostenibles, asimismo define el ordenamiento minero como el uso y la ocupación del territorio que se le asigna a la actividad minera sobre la base de la Zonificación Ecológica Económica y el catastro minero, para una gestión responsable de los recursos mineros.

La implementación del DU 012 – 2010, comprende las siguientes acciones:

1. Suspensión de los petitorios mineros.
2. Establecimiento de zonas de exclusión minera.
3. Prohibición del uso de dragas y equipos similares de diverso tipo que operan en los ríos.
4. Fortalecimiento del proceso de formalización de las actividades mineras auríferas en las zonas donde se permitirá dicha actividad.
5. Recuperación de las zonas degradadas por la minería aurífera informal o ilegal.
6. Apoyo al gobierno Regional de Madre de Dios para el cumplimiento de sus funciones respecto a la pequeña minería y minería artesanal.

## 2 Marco Legal

Los dispositivos legales más relevantes referentes al presente estudio son:

### 2.1 Normatividad General

El Derecho Ambiental es un instrumento de gestión que permite la aplicación de la Política Nacional Ambiental que no es sino el conjunto de lineamientos, objetivos, estrategias, metas, programas e instrumentos de carácter público; que tiene como propósito definir y orientar el accionar de las entidades de los gobiernos nacional, regional y local; del sector privado y de la sociedad civil, en materia de protección ambiental y conservación de los recursos naturales.

- Constitución Política del Perú.- Define la Política Nacional Ambiental en sus siguientes artículos:

“Artículo 2°. Toda persona tiene derecho:

22) A la paz, a la tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso, así como a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida.”

“Artículo 66°. Los recursos naturales, renovables y no renovables, son patrimonio de la Nación. El Estado es soberano en su aprovechamiento. Por ley orgánica se fijan las condiciones de su utilización y de su otorgamiento a particulares. La concesión otorga a su titular un derecho real, sujeto a dicha norma legal.”

“Artículo 67°. El Estado determina la política nacional del ambiente. Promueve el uso sostenible de sus recursos naturales.”

“Artículo 68°. El Estado está obligado a promover la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas.”

“Artículo 89°.- Las Comunidades Campesinas y Nativas tienen existencia legal y son personas jurídicas. Son autónomas en su organización, en el trabajo comunal y en el uso y la libre disposición de sus tierras, así como en lo económico y administrativo, dentro del marco que la ley establece. La propiedad de sus tierras es imprescriptible, salvo en el caso de abandono previsto en el artículo anterior. El Estado respeta la identidad cultural de las Comunidades Campesinas y Nativas.”

- Ley General del Ambiente Ley Nº 28611

Ley aprobada el 15.10.05 que reemplazó al Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales.

- Decreto Legislativo Nº 1055. D.L. que modifica la Ley Nº 28611. Ley General del Ambiente.

Las modificaciones planteadas en la presente norma, se realizan con la finalidad de complementar la Ley General del Ambiente para que incorpore los mecanismos de transparencia, participación ciudadana y las sanciones aplicables al incumplimiento de las obligaciones contenidas en ella.

- Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente Decreto Legislativo Nº 1013

Mediante el Decreto Legislativo Nº 1013, del 14.05.08, en el marco Ley Nº 29157 Ley de Implementación del Acuerdo de Promoción Comercial Perú - Estados Unidos, se aprueba la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente.

- Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada DL N° 757

Esta Ley promulgada por el DL N° 757, el 08.11.91, en el Artículo 50, establece que las autoridades competentes relacionadas con el sector ambiental son los Ministerios de cada sector.

- Ley N° 28245. Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental

Norma Publicada el 04 de junio de 2004, la misma establece que la Gestión Ambiental Nacional se ejerce en base a la Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental, la cual tiene por finalidad orientar, integrar, coordinar, supervisar, evaluar y garantizar la aplicación de las políticas, planes y acciones destinadas a la protección del ambiente y contribuir a la conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.

- Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM. Reglamento sobre transparencia, acceso a la información pública ambiental y participación y consulta ciudadana en asuntos ambientales.

Esta norma busca reglamentar el procedimiento de acceso a la información pública ambiental por parte de los ciudadanos.

La norma establece los criterios para la participación ciudadana en la gestión ambiental, por ejemplo el Artículo 29° se señala: Mecanismos de consulta

Constituyen mecanismos de consulta en materias con contenido ambiental los siguientes:

- a) Audiencias públicas;
- b) Talleres participativos;
- c) Encuestas de Opinión;
- d) Buzones de Sugerencias;
- e) Comisiones Ambientales Regionales y Locales;
- f) Grupos Técnicos;
- g) Comités de Gestión; y,

Los mecanismos de consulta se llevarán a cabo en idioma español y en el idioma o lengua predominante en la zona de influencia del respectivo proyecto o de realización de la audiencia o taller.

- Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental Ley N° 27446.

Mediante Ley N° 27446 el 23.04.01 se crea el Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA) el cual es un sistema único y coordinado de identificación, prevención, supervisión, control y corrección anticipada de los impactos ambientales negativos derivados de las acciones humanas expresadas por medio de proyectos de inversión pública o privada que impliquen actividades, y construcciones u obras que pueden causar impactos ambientales negativos.

- Reglamento del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (D.S. 019-2009-MINAM)

Promulgado el 24/09/09, con este Reglamento, el Estado peruano cuenta con un sistema integrado de evaluación de impacto ambiental, con criterios y procedimientos armonizados, a ser aplicados por las autoridades competentes en la materia, en los tres niveles de gobierno.

- Ley N° 29325. Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental

Mediante Ley N° 29325, de fecha 4 de marzo de 2009 y publicado el 5 del mismo mes, se promulga la Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental. La Ley desarrolla temas sobre las entidades competentes que forman parte del Sistema sus Órganos y las Funciones del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), así como su potestad sancionadora administrativa, su régimen laboral y económico, entre otros.

Este sistema rige para toda persona natural o jurídica, pública o privada, principalmente para las entidades del Gobierno Nacional, Regional y Local que ejerzan funciones de evaluación, supervisión, fiscalización, control y potestad sancionadora en materia ambiental.

- Ley General de aguas y suelos. Ley No. 17752 y ECAs Agua

Aprobada por Decreto Ley No. 17752, la misma que ha sufrido una serie de modificaciones, al respecto, a través del Decreto Ley No. 18735 que modifica el art. 135vo. el Decreto Ley No. 19503 que adiciona el inciso d) del art. 49vo. y el Decreto Legislativo No. 106 que modifica artículos del Decreto Ley No. 17752; establece que el agua sin excepción alguna son de propiedad del Estado y su dominio es inalienable e imprescriptible.

No hay propiedad privada de las aguas, ni derechos adquiridos sobre ellas. El uso justificado y racional del agua, sólo puede ser otorgado en armonía con el interés social y el desarrollo del país. El estado formula la política que rige su utilización y preservación.

Según se establece el orden de preferencia en el uso de las aguas es el siguiente: a) necesidades primarias y abastecimientos de poblaciones, b) cría y explotación de animales, c) agricultura, d) usos energéticos, industriales y mineros, e) para otros usos. El Poder Ejecutivo podrá variar el orden preferencial de los incisos c), d), y e), en atención a cierto criterios básicos, características de las cuencas o sistemas, disponibilidad de aguas, política hidráulica, planes de Reforma Agraria, usos de mayor interés económico.

El Estado otorgará el uso de las aguas preferentemente para fines domésticos y abastecimiento de poblaciones, que comprenderá la satisfacción de las necesidades primarias y sanitarias de la población como conjunto humano.

El 16.06.99 se instaló el GESTA AGUA, cuya finalidad fue elaborar los Estándares de Calidad Ambiental para Agua - ECA para Agua. Por Acta del Grupo de Trabajo GESTA AGUA, de fecha 24 de octubre de 2007, se aprobó la propuesta de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA para Agua); y se encargó al Ministerio del Ambiente, elaborar los Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles.

El 31.07.08 el MINAM decreto la Aprobación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. Mediante los mencionados estándares, se establece el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, que no representan riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente.

Los Estándares aprobados son aplicables a los cuerpos de agua del territorio nacional en su estado natural y son obligatorios en el diseño de las normas legales y las políticas públicas siendo un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.

- Ley Forestal y de Fauna Silvestre (Decreto Legislativo N° 1090 del 27/06/2008) y Fe de erratas.

Tiene por objeto normar, regular y supervisar el uso sostenible y la conservación de los recursos forestales y de la fauna silvestre del país, compatibilizando su aprovechamiento con la valorización progresiva de los servicios ambientales del bosque, en armonía con el interés social, económico y ambiental de la Nación, de acuerdo con lo establecido en los artículos 66° y 67° de la Constitución Política del Perú, en la Ley N° 26821, Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales, en la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente y los Convenios Internacionales para el Estado Peruano. Mediante Ley N° 29317 se modifican e incorporan diversos artículos del Presente Decreto Legislativo.

- Ley de áreas Naturales Protegidas Ley N° 26834

Mediante la Ley N° 26834, promulgada el 30/06/97, se reconocen las áreas Naturales Protegidas, la condición de Patrimonio de la Nación y de Dominio el cual es concordante con Artículo 68° de la Constitución Política del Perú que indica que el Estado está obligado a promover la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas.

La Ley de Áreas Naturales Protegidas promueve el desarrollo de alianzas estratégicas con las poblaciones locales en particular con las comunidades campesinas y nativas sobre la base del respeto a los derechos legítimos, así como a sus sistemas de organización social y económica, los que deben ejercerse en concordancia con los objetivos y fines de las ANP y en armonía con las propuestas de la Mesa de Diálogo establecida mediante Decreto Supremo N° 015-2001-PCM que constituyó la Comisión Especial Multisectorial para las Comunidades Nativas.

Mediante el Decreto Supremo del 14.05.08, se aprobó la creación del Servicio, Nacional de Áreas Protegidas por el Estado - SERNANP como organismo público técnico especializado del MINAM, y se establece su Naturaleza Jurídica y Funciones Básicas.

- Servicio, Nacional de Áreas Protegidas por el Estado – SERNANP. Decreto Supremo N° 006-2008-MINAM

Decretado el 14.05.08, mediante el cual se aprueba la creación del Servicio, Nacional de Áreas Protegidas por el Estado - SERNANP como organismo público técnico especializado y establece la Naturaleza Jurídica, Funciones Básicas. El Reglamento de Organización y Funciones del SERNANP; se aprobó mediante Decreto Supremo N° 043-2006-PCM; y consta de dos (2) Títulos, seis (6) Capítulos, veintisiete (27) Artículos y dos (2) Disposiciones Complementarias Finales.

- Decreto Legislativo N° 1079 y su Reglamento

Mediante el cual se establecen los mecanismos de reintroducción, disposición y/o destrucción de los especímenes, recursos, productos y subproductos recuperados o encontrados abandonados en Áreas Naturales Protegidas de Administración Nacional.

El presente DL tiene la finalidad de dotar al Servicio Nacional de Áreas Protegidas por el Estado – SERNANP, de mecanismos que le permitan una protección eficaz del patrimonio de dichas áreas.

- Nuevo Código Penal (Decreto Legislativo N° 635)

Considera al medio ambiente como un bien jurídico de carácter socioeconómico. Quien contamina vertiendo residuos sólidos, líquidos, gaseosos o de cualquier otra naturaleza por encima de los límites establecidos, y que puedan causar perjuicio o alteraciones en la flora, fauna y recursos microbiológicos, será reprimido con pena privativa de libertad para cada caso específico e incluso con penas accesorias cuando se acredite plenamente la comisión del delito así como la responsabilidad penal del autor de los hechos.

- Ley N° 27783. Ley de Bases de la Descentralización

La presente Ley orgánica desarrolla el Capítulo de la Constitución Política sobre Descentralización, regula la estructura y organización del Estado en forma democrática, descentralizada y desconcentrada. Asimismo define las normas que regulan la descentralización administrativa, económica, productiva, financiera, tributaria y fiscal.

- Ley N° 27867, Ley Orgánica de Gobiernos Regionales y sus modificatorias

Establece y norma la estructura, organización, competencias y funciones de los gobiernos regionales. Define la organización democrática, descentralizada y desconcentrada del Gobierno Regional conforme a la Constitución y a la Ley de Bases de la Descentralización.

Los Gobiernos Regionales emanan de la voluntad popular. Son personas jurídicas de derecho público, con autonomía política, económica y administrativa en asuntos de su competencia, constituyendo, para su administración económica y financiera, un Pliego Presupuestal.

En la presente Ley se establece que los gobiernos regionales tienen por finalidad esencial fomentar el desarrollo regional integral sostenible, promoviendo la inversión pública y privada y el empleo y garantizar el ejercicio pleno de los derechos y la igualdad de oportunidades de sus habitantes, de acuerdo con los planes y programas nacionales, regionales y locales de desarrollo.

Asimismo mediante Ley N° 27902, Ley que modifica la Ley Orgánica de Gobiernos Regionales N° 27867, se regula la participación de los Alcaldes Provinciales y la Sociedad Civil en los Gobiernos Regionales y se fortalece el proceso de Descentralización y Regionalización.

- Ley N° 23853. Ley Orgánica de Municipalidades

La presente Ley Orgánica norma la organización, autonomía, competencia, funciones y recursos de las Municipalidades.

Las Municipalidades son los Órganos del Gobierno Local, que emanan de la voluntad popular. Son personas jurídicas de derecho público con autonomía económica y administrativa en los asuntos de su competencia. Les son aplicables las leyes que regulan las actividades y funcionamiento del Sector Público Nacional.

Las Municipalidades representan al vecindario, promueven la adecuada prestación de los servicios públicos locales, fomentan el bienestar de los vecinos y el desarrollo integral y armónico de las circunscripciones de su jurisdicción.

- Ley N° 28296, Ley General del Patrimonio Cultural de la Nación

Publicada el 22.07.04 y su modificatoria mediante DL N° 1003 publicada el 02.05.08. En el Perú la norma que regula de forma específica el tema del Patrimonio Cultural de la Nación, es la Ley General del Patrimonio Cultural de la Nación - Ley N° 28296, la misma que es complementada por su Reglamento, el 2 de mayo de 2008, se publicó el Decreto Legislativo N° 1003, el mismo que modificó de forma expresa el Artículo 30º de la referida Ley.

- Reglamento de Investigaciones Arqueológicas DS N° 004-2000-ED

Publicada el del 25.01.00. Establece que todos los sitios definidos como Monumentos Arqueológicos son Patrimonio Cultural de la Nación, por lo tanto son intangibles y están protegidos por el Estado. Entiéndase como Intangible el uso exclusivo del sitio para fines de proyectos o programas de investigación, evaluación y emergencia; asimismo por proyectos de conservación de sitios arqueológicos.

Sin embargo, el Instituto Nacional de Cultura podrá determinar áreas de uso restringido, en parte o alrededor de los monumentos, a solicitud de un arqueólogo cuando cuente con la aprobación de la Comisión Nacional Técnica de Arqueología.

- Ley N° 28256, Ley General de Residuos Sólidos del 18.06.04

Están comprendidas dentro del alcance de esta norma las actividades de producción, almacenamiento, embalaje, transporte y rutas de tránsito, manipulación, utilización y reutilización, tratamiento, reciclaje y disposición final. Establece que los titulares de la actividad que utilicen materiales peligrosos están obligados a elaborar o exigir a las empresas contratistas, un plan de contingencia que será aprobado por el sector correspondiente, para los fines de control y fiscalización ambiental.

- Decreto Legislativo N° 1065

Publicado en el diario oficial El Peruano el 28.06.08, mediante esta norma se modifica diversos artículos de la Ley General de Residuos Sólidos.

- Ley 26300. Ley de los derechos de participación y control ciudadanos.

Mediante la presente ley se regula el ejercicio de la participación y control ciudadano:

Son derecho de participación ciudadana:

- Iniciativa de reforma constitucional
- Iniciativa de reforma de leyes
- Referéndum
- Iniciativa en la formación de dispositivos municipales y regionales
- Otros del ámbito de gobierno municipal y regional

- Decreto Supremo DS N° 001-2009-MINAM

Mediante Decreto Legislativo N° 1013 del 13.05.08, se creó el Organismo de Evaluación y, Fiscalización Ambiental - OEFA como organismo público técnico especializado, adscrito al Ministerio del Ambiente.

Mediante el Decreto Supremo DS N° 001-2009-MINAM se Aprueba el Reglamento de Organización y Funciones del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA.

El Reglamento de Organización y Funciones ROF consta de cinco (5) títulos, treinta y un (31) artículos y una (1) disposición complementaria final.

- Decreto Supremo DS N° 002-2009-MINAM

Decreto Supremo que aprueba el Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales (17.01.09)

- Decreto Legislativo N° 1081

Nuevo ordenamiento jurídico que articula las diferentes entidades del sector público y privado para lograr el aprovechamiento sostenible, la conservación y el incremento del recurso Agua. Dado en el marco del Acuerdo de Promoción Comercial Perú - Estados Unidos.

La Ley General de Aguas, asigna la jurisdicción administrativa en materia de aguas a los Ministerios de Agricultura y Salud, existiendo además de la ley, una gran cantidad de normas de carácter multisectorial que generan dispersión de competencias en la administración del agua, imposibilitando de esa manera una gestión integrada, multisectorial y eficiente del recurso.

- Decreto Legislativo N° 1055

Mediante esta norma se modifican los artículos 32º, 42º, 43º y 51º de la Ley N° 28611 – Ley General del Ambiente, relativos al límite máximo permisibles, la obligación de informar, la información sobre denuncias presentadas, y los criterios a seguir en los procedimientos de participación ciudadana, respectivamente.

Asimismo, se dispone que el Ministerio del Ambiente supervisará el cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 49º de la Ley N° 28611; así como será el punto focal para las consultas que en materia ambiental se deriven de compromisos asumidos en los acuerdos comerciales internacionales suscritos por el Perú. La presente norma entró en vigencia el día 28.06.08.

- Ley N°29263. Ley que modifica el Título XIII del Código Penal y La Ley General del Ambiente

El que, infringiendo leyes, reglamentos o límites máximos permisibles, provoque o realice descargas, emisiones, emisiones de gases tóxicos, emisiones de ruido, filtraciones, vertimientos o radiaciones contaminantes en la atmósfera, el suelo, el subsuelo, las aguas terrestres, marítimas o subterráneas, que cause o pueda causar perjuicio, alteración o daño grave al ambiente, será reprimido con pena privativa de libertad no menor de cuatro años ni mayor de seis años y con cien a seiscientos días-multa.

Incumplimiento de las normas relativas al manejo de residuos sólidos. El que, sin autorización o aprobación de la autoridad competente, establece un vertedero o botadero de residuos sólidos que pueda perjudicar gravemente la calidad del ambiente, la salud humana o la integridad de los procesos ecológicos, será reprimido con pena privativa de libertad no mayor de cuatro años.

Tráfico ilegal de especies de flora y fauna silvestre protegida. El que adquiere, vende, transporta, almacena, importa, exporta o reexporta productos o especímenes de especies de

flora silvestre no maderable y/o fauna silvestre protegidas por la legislación nacional, sin un permiso o certificado válido, será reprimido con pena privativa de libertad no menor de tres años ni mayor de cinco

El que, sin la autorización de cambio de uso, utiliza tierras destinadas por autoridad competente al uso agrícola con fines de expansión urbana, de extracción o elaboración de materiales de construcción u otros usos específicos, será reprimido con pena privativa de libertad no menor de dos años ni mayor de cuatro años.

Sobre la alteración del ambiente o paisaje se indica que el que, contraviniendo las disposiciones de la autoridad competente, altera el ambiente natural o el paisaje urbano o rural, o modifica la flora o fauna, mediante la construcción de obras o tala de árboles, será reprimido con pena privativa de libertad no mayor de cuatro años y con sesenta a noventa días-multa.

- Ley N° 27117, Ley General de Expropiaciones

La presente ley se refiere a la expropiación adecuada al Artículo 70 de la Constitución Política, el Artículo 928 del Código Civil y los Artículos 519 a 532 del Código Procesal.

La expropiación consiste en la transferencia forzosa del derecho de propiedad privada, autorizada únicamente por ley expresa del Congreso en favor del Estado, a iniciativa del Poder Ejecutivo, Regiones o Gobiernos Locales y previo pago en efectivo de la indemnización justipreciada que incluya compensación por el eventual perjuicio.

El único beneficiario de una expropiación es el Estado.

- Reglamento de la Ley N° 26737, explotación de materiales.

Ley que regula la explotación de materiales que acarrean y depositan aguas en sus álveos o cauces. Decreto Supremo N° 013-97-AG que establece que la Autoridad de Aguas es la única facultada para otorgar los permisos de extracción de los materiales que acarrean y depositan las aguas en sus álveos o cauces, priorizando las zonas de extracción en el cauce, previa evaluación efectuada por el Administrador Técnico del Distrito de Riego correspondiente. Concluida la extracción, el titular está obligado a reponer a su estado natural la ribera utilizada para el acceso y salida de las zonas de explotación.

- Decreto de Urgencia N° 010-2009.

Mediante este decreto se Declaran de Necesidad Nacional y de Ejecución Prioritaria Diversos Proyectos de Inversión Pública en el Contexto de la Crisis Financiera Internacional.

## **2.2 Normatividad Específica**

- Ley General de Minería (LGM) de 1992.  
Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería.  
Decreto Supremo N° 014 – 92 – EM

La presente Ley comprende todo lo relativo al aprovechamiento de las sustancias minerales del suelo y del subsuelo del territorio nacional, así como del dominio marítimo. Se exceptúan

del ámbito de aplicación de esta Ley, el petróleo e hidrocarburos análogos, los depósitos de guano, los recursos geotérmicos y las aguas mineromedicinales.

Todos los recursos minerales pertenecen al Estado, cuya propiedad es inalienable e imprescriptible.

El Estado evalúa y preserva los recursos naturales, debiendo para ello desarrollar un sistema de información básica para el fomento de la inversión; norma la actividad minera a nivel nacional y la fiscaliza de acuerdo con el principio básico de simplificación administrativa. El aprovechamiento de los recursos minerales se realiza a través de la actividad empresarial del Estado y de los particulares, mediante el régimen de concesiones.

- Decreto Supremo Nº 023-2005-SA,

Se encarga al Ministerio de Salud como Autoridad Sanitaria a través de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), la responsabilidad de velar por la preservación de la calidad del recurso hídrico, vía la formulación de políticas nacionales de salud ambiental, el establecimiento de normas técnicas sanitarias para el manejo, reuso y vertimiento de aguas residuales domésticas, la vigilancia de la calidad sanitaria de los sistemas de agua potable así como del agua como recurso, controlar a los agentes contaminantes, registrar y controlar los vertimientos y evaluar los riesgos ambientales, para lo cual se vale de instrumentos tales como los Límites Máximos Permisibles (LMP) y los Estándares de Calidad Ambiental (ECA).

Sobre esta base, la DIGESA evalúa y otorga la Autorización Sanitaria para el reuso o vertimiento de las aguas residuales en los cuerpos de agua, responsabilidad que comparte con los sectores, quienes son los responsables de aprobar los Estudios de Impacto Ambiental (EIA), para proyectos nuevos, o Programas de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA), para proyectos en operación, como requisito previo a la entrega de la citada autorización.

En este escenario, en mayo de 2008 mediante Decreto Legislativo Nº 1013 se crea el Ministerio del Ambiente (MINAM) como ente rector de la política ambiental nacional, cuyo objeto es la conservación y uso sostenible de los recursos naturales, prevenir y revertir su degradación y la del ambiente, supervisar, fiscalizar y sancionar el incumplimiento de la normatividad ambiental. Para ejercer estas funciones, el Consejo Nacional del Ambiente (CONAM) se fusiona con el Ministerio del Ambiente y la DIGESA transfiere sus funciones ambientales preservando aquellas en materia sanitaria, dicha transferencia se deberá

- Decreto Supremo Nº 033-2007- PCM

Designa al entonces Consejo Nacional del Ambiente (CONAM), hoy Ministerio del Ambiente (MINAM), como la autoridad responsable de su conducción y a las autoridades sectoriales como responsables de la elaboración de las propuestas de ECA y LMP según competencias. Esta norma complementa el Decreto del Consejo Directivo del CONAM 029-2006-CONAM/CD, que establece el cronograma priorizado para la aprobación progresiva de los ECA y los LMP. El Decreto Legislativo Nº 10138, que crea el Ministerio del Ambiente, precisa que la aprobación de los ECA y LMP se hará mediante Decreto Supremo y deberá contar con la opinión del sector correspondiente.

También, se describe en esta norma el procedimiento actualizado para la aprobación de los estándares de calidad del agua (ECA) y los límites máximos permisibles (LMP).

- **Decreto Supremo N° 074-2001-PCM**

Se establecen los valores PM10 con valores de 50 y 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para la media anual y media en 24 horas, en lugar de los valores recomendados por la OMS de 20 y 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente.

- **Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM**

Publicado en El Peruano el 22 de agosto del 2008, por el que el Ministerio del Ambiente establece los estándares de calidad del aire para el Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>) que entrarán en vigencia el 1 de enero del 2009 y el 1 de enero del 2014. Del mismo modo se establecen valores para PM<sub>2.5</sub>, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, Benceno, H<sub>2</sub>S e Hidrocarburos Totales.

- **Decreto de Urgencia N° 012-2010**

Declaran de interés nacional el ordenamiento minero en el Departamento de Madre de Dios.

Cuyo objetivo señala “Declarar de necesidad pública, interés nacional y de ejecución prioritaria el ordenamiento de la minería aurífera en el departamento de Madre de Dios, a fin de garantizar la salud de la población, la seguridad de las personas, la recaudación tributaria, la conservación del patrimonio natural, y el desarrollo de actividades económicas sostenibles.

- **Decreto de Urgencia N° 004 – 2011**

Mediante el cual se amplía el plazo para la implementación del Decreto de Urgencia N° 012-2010.

- **Decreto de Urgencia N° 007 – 2011**

Este decreto modifica el artículo 8° del Decreto de Urgencia N° 012-2010, ampliado por Decreto de Urgencia N° 004-2011.

### **3 Ubicación y características de la Zona de Estudio**

#### **3.1 Ubicación Geográfica**

La zona de estudio se ubica en el Departamento de Madre de Dios, el Departamento cubre una superficie aproximada de 8 518 396 hectáreas (6.64 % del territorio nacional), en el habitan cerca de 113 mil habitantes. El río Malinowsky es afluente de la Sub cuenca del Río Tambopata.

El cauce principal del Tambopata recorre aproximadamente 300 Km, de los cuales la mitad son dentro del departamento. En su desembocadura al río Madre de Dios se encuentra Puerto Maldonado. La actividad minera de esta subcuenca se encuentra en la microcuenca del río **Malinowski**, este tiene una longitud de 120 km aproximadamente hasta su llegada al Tambopata. Al comienzo, el cauce del río Malinowski es trezado y en la mayor parte de su recorrido forma meandros. En el extremo noreste de la subcuenca se encuentra la zona urbana alrededor de Puerto Maldonado y por el norte está la carretera Interoceánica con un amplio borde deforestado por motivos agrícolas pero actualmente abandonado en su mayoría. En esta zona se encuentran 2 comunidades nativas: Kotsimba e Infierno. Además, el 62% de la subcuenca del Tambopata pertenece a la Reserva Nacional Tambopata y el Parque Nacional Bahuaja-Sonene. Ver Anexo 001.

En la Zona A6 - APAYLOM existen 27 petitorios mineros, 24 petitorios en opinión y 03. Ver Anexo 002.

En el río Malinowski la mayor concentración de oro está en el sector comprendido entre las desembocaduras de los ríos Manuhuaní Azul, donde la ley de los yacimientos varía de 0.3 gr/m<sup>3</sup> a 0.8 gr/m<sup>3</sup> de oro.

#### **3.2 Caracterización de la Zona**

Los problemas ambientales en Madre de Dios, se diferencia del resto de la Amazonía en que no están generalizados en todo el espacio regional. Los problemas ambientales están localizados en algunos sitios, y son causados por actividades muy específicas, no ordenadas en el territorio, tales como la explotación informal del oro y las explotaciones agropecuarias en zonas de protección o de potencial forestal. Sin embargo, la presencia de más de tres millones de habitantes, ubicados principalmente en las partes alto andinas de Regiones vecinas, con problemas de falta de tierras agrícolas y pobreza, el gran potencial aurífero y petrolero regional y la construcción de la carretera Interoceánica Sur, son los factores que pueden agudizar los problemas ambientales y ampliarlos a todo el Departamento.

Madre de Dios es el departamento que ha registrado las mayores tasas de crecimiento durante los últimos 67 años, pasando de 0.1%, en el período 1940-61, a 5.7% en el período 1981-93 y a 3.5% durante el periodo 1993-2007. Últimamente, a partir del inicio de la construcción de la carretera Interoceánica Sur, se registra mayor dinamismo demográfico y económico en Puerto Maldonado, convirtiéndole en una nueva ciudad emergente en el contexto nacional.

Este incremento significativo de la población, debido a procesos migratorios, está concentrado fundamentalmente en la actividad aurífera y las actividades de servicios públicos del Estado en Puerto Maldonado. La actividad aurífera origina problemas de cambios en el paisaje, remoción y movimiento masivos de tierras y diversas manifestaciones de procesos sociales. Estos problemas, junto con la extracción selectiva y masiva de maderas, eliminación de terrenos con manchales de castaña con fines agropecuarios, así como con la contaminación de los cuerpos

de agua por la explotación del oro, y los signos de pobreza, conforman la problemática ambiental central de esta parte de la zona sur de la Amazonía.

Según el MINEM (2009), se tienen identificadas tres zonas de conflicto, en las cuales se vienen dando problemas de carácter social entre comunidades nativas y colonos mineros, originados por la posesión y explotación de terrenos auríferos.

- a) La Zona de Amortiguamiento de la Reserva Comunal Amarakaeri, ubicada entre el río Puquiri y el río Colorado. En esta zona se ubica el poblado denominado Delta 1, con 3.000 habitantes que dependen directa e indirectamente de la actividad aurífera. Es allí donde se generan los mayores conflictos entre comuneros nativos y mineros.
- b) Zona de Amortiguamiento de la Reserva Nacional del Tambopata-Río Malinowski. En esta zona, operan organizaciones mineras, constituidas por 38 concesionarios mineros titulados, por mineros con 45 petitorios y por mineros que operan en petitorios y/o concesiones de terceros y que viene reclamando que se les otorguen áreas de trabajo aduciendo que fueron marginados. Muchos de ellos han solicitado concesiones de ecoturismo sobre áreas de actividad minera como un medio de alegar derechos sobre estas (Ministerio de Energía y Minas del Perú 2009).
- c) Zonas de no admisión de petitorios en terrenos de comunidades nativas. Como consecuencia de enfrentamientos entre nativos y peticionarios mineros ubicados en territorio de comunidades nativas, se suspendió<sup>40</sup> la admisión de petitorios mineros en ocho zonas o áreas pertenecientes a diez comunidades nativas. Hasta la fecha se ha logrado el acuerdo entre los comuneros nativos y los productores mineros de cinco áreas; quedan por solucionar tres áreas (Ministerio de Energía y Minas del Perú 2009).

## **4 Descripción de Componentes bióticos y abióticos de la zona**

De manera sucinta se trata de señalar los componentes ambientales que se hallan en la zona con el fin de establecer sobre cuáles de estos componentes se producirían impactos por la contaminación producida.

### **4.1 Componentes Bióticos**

#### 4.1.1 Flora

En el área de estudio se puede encontrar una alta diversidad de comunidades vegetales, varias especies forestales de importancia económica como el cedro (*Cedrela odorata*), caoba (*Swietenia macrophylla*), tornillo (*Cedrelinga sp.*), castaña (*Bertholetia excelsa*), palmeras como pona (*Iriartea ventricosa*), aguaje (*Mauritia flexuosa*), huasaí (*Euterpe sp.*), unguurahui (*Jessenia bataua*).

#### 4.1.2 Micro flora

Se encuentran diversas especies de hongos y líquenes como cubierta del suelo de la zona, estos no han sido totalmente identificados aún o no se cuenta con bibliografía que sustente su clasificación e identificación.

#### 4.1.3 Fauna

Siguiendo el libro rojo de la fauna silvestre del Perú de Víctor Pulido, diversas especies en diferente estado de conservación se encuentran en el área protegida. Se tiene especies en vías de extinción como la nutria (*Lutra longicaudis*) y el lobo de río (*Pteronura brasiliensis*); especies en situación vulnerable como oso hormiguero (*Myrmecophaga tridactyla*), armadillo gigante (*Priodontes maximus*), mono coto (*Alouatta seniculus*), maquisapa negro (*Ateles paniscus*), machín blanco (*Cebus albifrons*), machín negro (*Cebus apella*), mono choro (*Lagothrix lagothricha*), jaguar (*Panthera onca*), espátula rosada (*Ajaja ajaja*), paujil (*Crax globulosa*), tortuga charapa (*Podocnemis expansa*), taricaya (*Podocnemis unifilis*); especies en situación rara como armadillo peludo (*Dasybus pilosus*), pichico negro (*Callimico goeldii*), perro de monte (*Speothos venaticus*), perro conchero (*Procyon cancrivorus*), tanka (*Mazama chunyi*), pacarana (*Dinomys branickii*), aguililla harpía (*Harpia harpyja*); especies en situación indeterminada como musmuqui (*Aotus miconax*), perro de orejas cortas (*Atelocynus microtis*), manco (*Mustela africana*), tigrillo (*Leopardus pardalis*), huamburushu, (*Leopardus wiedii*), yaguarundi (*Herpailurus yaguaroundi*), venado cenizo (*Mazama gouazoubira*), guacamayos y loros (*Ara ararauna*, *Ara militaris militaris*, *Ara macao*, *Ara chloroptera*, *Ara severa castaneifrons*, *Ara couloni*), motelo (*Geochelone carbonaria*), caimán blanco (*Caiman sclerops*), mantona (*Epicrates cenchria*).

Entre las especies de fauna se encuentran la sachavaca (*Tapirus terrestris*), el venado colorado (*Mazama americana*), el caimán blanco (*Caimán cocrodylus*), el águila arpía (*Harpía harpyja*), el ronsoco (*Hydrochoerus hydrochaeris*); así como, ungulados, primates grandes y felinos. Cabe señalar, que hay presencia de Lobo de río en la margen izquierda del río Malinowski (zona de amortiguamiento).

#### 4.1.4 Micro fauna

La micro fauna del suelo incluye principalmente protozoarios, nemátodos y también microartrópodos. Los protozoarios son las formas más pequeñas de vida animal. La mayor parte de ellos se alimenta principalmente de bacterias, por lo que, en general, tienden a limitar la proliferación de estas. Por otra parte, ciertas bacterias actúan más intensamente en la presencia de determinados protozoarios.

De los nemátodos, muchos se alimentan de materia orgánica en descomposición, de elementos de la microflora del suelo y posiblemente de protozoarios. Varios son depredadores de otros elementos de la fauna del suelo, incluyendo otros nemátodos. Existen también nemátodos parásitos de las plantas superiores.

De los microartrópodos se pueden citar los ácaros, arácnidos que en su mayor parte se alimentan de residuos vegetales y hongos y ciertos insectos apterigotas (Collembola), que utilizan materia orgánica en descomposición y son de los insectos que pueden encontrarse en mayor número en el suelo.

### 4.2 Componentes abióticos

#### 4.2.1 Hidrografía

El río Malinowski es uno de los afluentes del río Tambopata, uniéndose a este por su margen izquierda, el cual es a su vez tributario del río Madre de Dios por su margen derecha, tal como se muestra en el siguiente gráfico. La calidad del agua en la zona se describe más adelante en este mismo estudio.

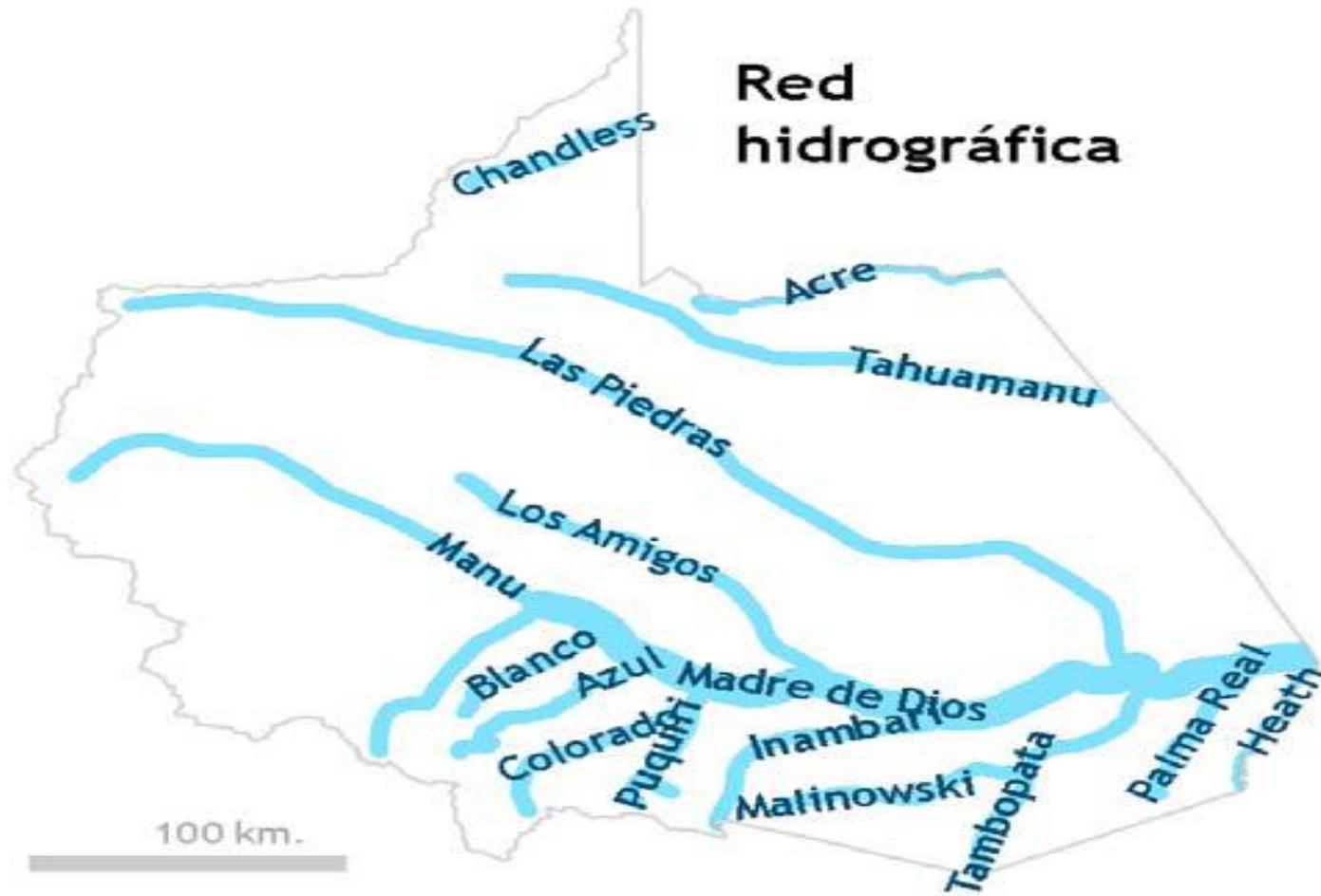
En la zona se tiene presencia de cochas y collpas. El río Malinoswki tiene como tributarios principales por la margen derecha al río Malinoskillo, Shaeahuaca y las quebradas: Germán, Farfán, Arenal, Gaona Pamahuaca, Huasaco y por la margen izquierda tenemos al río Manuani, las quebradas Martín, Venado, Mapinche, Palomo, Yarinal, Yarinal Chico, Aguajal y La torre.

Al comienzo, el cauce del río Malinowski es trezado y en la mayor parte de su recorrido forma meandros.

El río Malinoswki presenta según las mediciones realizadas: un caudal máximo de estiaje a  $369.87 \text{ m}^3/\text{s}$  y la velocidad hídrica es  $1.67 \text{ m/s}$  dato tomado a una altitud de 187 msnm. (Meso ZEE Tambopata - 2010)



Figura Nº 01 – Red Hidrográfica – Madre de Dios



#### 4.2.2 Calidad del Agua

La contaminación de las fuentes de agua (ríos, quebradas, lagos, etc.) por contaminantes diversos como elementos químicos y de origen orgánico se ha convertido en uno de los problemas ambientales más graves de la zona de estudio. Es ahora bastante común ver residuos (basuras) que los propios pobladores arrojan en los cuerpos de agua ya sea de productos consumidos por ellos o desechos resultados de sus actividades cotidianas, por ejemplo la limpieza de chacras, cambio de aceite de motores y en la actividad minera la remoción de suelo y producción de sedimentos, plásticos de las balsas, restos de combustibles, eliminación de mercurio, chatarra abandonada.

Los principales contaminantes son:

**Ácidos y álcalis**, el ácido sulfúrico a partir de reacciones de anhídridos en la lluvia ácida, estas causan irritación ocular; el ácido sulfhídrico, proviene de la descomposición de materia orgánica, produciendo olor desagradable del agua. El hidróxido de sodio contenido en jabones.

Este problema se relaciona con la falta de educación de la población y de un adecuado tratamiento de efluentes líquidos.

**La Materia orgánica**, consume el oxígeno del agua y cambia sus propiedades organolépticas del agua de consumo humano, limita supervivencia de los peces.

**Sólidos en suspensión**, contribuyen a la disminución del oxígeno, impiden la utilización del agua para consumo humana, afectan infraestructura. El caso específico los relaves mineros en el Malinowsky. Disminuyen la presencia de peces en el cuerpo de agua y su disponibilidad para el consumo humano. El origen del problema se halla en la falta de educación de la población en la falta de una promoción obligatoria de sistemas de gestión de relaves y su fiscalización.

#### 4.2.3 Calidad del Aire

##### A. Objetivo

- Determinar la concentración máscica en aire de material particulado respirable con diámetro aerodinámico menor que  $10\mu$ , Monóxido de Carbono, Dióxido de Nitrógeno y Dióxido de azufre.
- Evaluar los niveles de presión sonora (Ruido) en las inmediaciones del proyecto.

##### B. Material Particulado PM-10 y Gases (CO, NOx, SO2)

- **Determinación de Material Particulado - PM 10**  
Para la determinación de Material Particulado PM10, se utilizó un muestreador que aspira aire del medio ambiente a flujo constante dentro de un orificio de forma especial donde el material particulado es suspensión es separado inercialmente en fracciones de uno o más tamaño dentro del rango de tamaños menores a 10 micras. Cada fracción de tamaño dentro del rango de tamaños de PM10 es luego colectada en un filtro separado durante 24 horas.
- **Determinación de Gases**  
Para la determinación de gases en el medio ambiente se utilizó el tren de muestreo consistente en un filtro de polvo, frasco burbujeador para absorción de cada gas específico y un medidor de flujo (tipo orificio, calibrado con una bomba de succión).

#### **Determinación de NO<sub>2</sub> – Método modificado Griess – Saltzman (ISO 9)**

El Dióxido de nitrógeno es captado en una solución de trióxido utilizando el Reactivo de Saltzman. Análisis a una longitud de onda de 550 nm.

#### **Determinación de Monóxido de Carbono**

Se utilizó el método de muestreo de aire N° 43101-02-71T-1972 establecido por la Analysis Intersociety Method.

#### **Determinación del Dióxido de Azufre**

Método de muestreo activo por Thorin, ISO 4221 1983/1990, determinado por absorción del gas en solución de peróxido de Hidrógeno, el análisis se efectúa por método turbidimétrico.

- Ubicación de Puntos de Muestreo

Para el presente estudio de determino 01 punto de muestreo, a continuación presentamos la ubicación de la estación de muestreo.

**Cuadro N° 004 – Ubicación de Punto de muestro – Calidad de Aire**

Descripción	Coordenadas UTM		
	Sur	Este	Altitud (msnm)
Campamento Yarinal	8571650	0426490	202

Fuente: Realización propia

#### 4.2.4 Ruido

Se ha identificado 03 puntos de muestreo de ruido ambiental y 01 punto de monitoreo de ruido existentes en la zona de estudio. Se realizaron tomas de niveles con un intervalo de tiempo constante entre cada toma de muestra, seguidamente se obtuvo el nivel de ruido equivalente para estas mediciones; los valores de ruido equivalente para este punto de medición obtenidos se considerará de manera referencial.

- **Ubicación de Puntos de Muestreo**

Para el presente estudio de determino 04 puntos de muestreo, a continuación presentamos la ubicación de estos puntos de muestreo.

**Cuadro N° 005 – Ubicación de Punto de muestro**

Descripción	Fecha	Hora	Coordenadas UTM		
			Sur	Este	Altitud
Campamento Yarinal - Balsa Gringo	15-06-11	3:48 pm	8571460	0426137	212
Aguas Arriba	16-06-11	11:38 am	8557503	0406851	212
Aguas Abajo	17-06-11	8:50 am	8569580	0442771	188
Campamento Yarinal	17-06-11	4:30 pm	8571652	0426487	204

Fuente: Elaboración propia

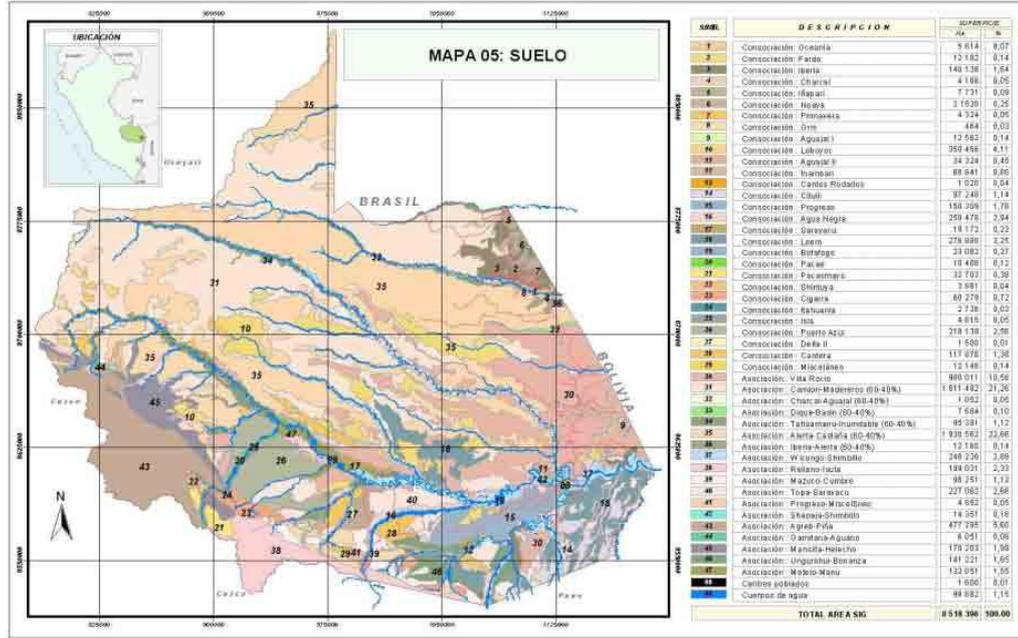
#### 4.2.5 Morfología del Terreno

El material rocoso de esta zona es principalmente de tipo sedimentario, cuyas edades van desde el Paleozoico inferior (hace 570 millones de años) al Cuaternario reciente (hace 10 mil años). Las unidades estratigráficas de mayor distribución son las Formaciones Maldonado (cuaternario antiguo) y Madre de Dios (Terciario superior), que se extienden ampliamente en la región depresionada del Departamento de Madre de Dios, le siguen en importancia los depósitos aluviales holocénicos (recientes) que se localizan a lo largo de los ríos. Existen diversos tipos de sedimentos, compuestas generalmente por areniscas cuarzosas o feldespáticas, pizararras, lutitas, margas, calizas, lodolitas, arcillitas, conglomerados y otros materiales, como gravas, arenas, limos y arcillas. Estas características litológicas, conjuntamente con los procesos geológicos, geomorfológicos y climáticos, son los principales causantes del actual relieve del departamento de Madre de Dios, el cual se caracteriza por presentar tres grandes unidades biofísicas: La Cordillera Oriental; la Cordillera Subandina; y, la Llanura de Madre de Dios (Llanura Amazónica). Estas unidades se diferencian entre sí por sus características litológicas, formas de relieve, desarrollo pedogenético, altitud y tipos de cobertura vegetal. Concordante con este tipo de relieve, los principales procesos morfodinámicos que más afectan el área son los derrumbes, deslizamientos e inundaciones. Estas características biofísicas condicionan, a su vez, las diversas actividades socioeconómicas en el departamento.

#### 4.2.6 Suelo

La zona de estudio se encuentra en la Llanura de Madre de Dios, es la zona más extensa, y se desarrolla al este del alineamiento montañoso subandino entre 176 y 500 msnm. Se caracteriza por presentar un relieve plano a ondulado, donde predominan las planicies aluviales y colinas bajas. Litológicamente están constituidos por areniscas, arcillitas y limolitas de edad terciaria y por arenas, limos, arcillas y conglomerados aluviales del cuaternario. Los suelos son mayormente profundos, siendo los de mayor fertilidad los suelos aluviales inundables que reciben aportes de nutrientes de sedimentos depositados durante la fase de creciente de los ríos. En esta unidad recorren en mayor extensión los ríos Madre de Dios, Manu e Inambari, así como el Malinowski y el Tambopata. En el sector de colinas altas nacen los ríos Las Piedras, Los Amigos y Tahuamanu, entre otros. El clima varía entre Húmedo y Subhúmedo, con precipitaciones que oscilan entre 1,500 y 3,000 mm anuales. En un sector del departamento, ubicado en la faja central, se registra déficit de agua en una época del año.

Figura N° 02 – Mapa de Suelos – Madre de Dios



Fuente: Estudio "Propuesta Zona Ecológica y Económica de Madre de Dios"

Se realizó muestreo de suelos, los puntos de monitoreo se indican a continuación:

Cuadro N° 006 – Ubicación de Punto de muestro – Suelo

Descripción	Coordenadas UTM		
	Sur	Este	Altitud (msnm)
Poza de amalgamación Yarinal	8572114	0426709	202
Lado sur del Campamento Yarinal	8567957	0433494	203

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.7 Sedimentos

Se ha realizado muestreo de sedimentos en tres puntos de la zona de estudio, estos puntos de monitoreo se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 007 – Ubicación de Punto de muestro – Sedimentos

Descripción	Fecha	Hora	Profundidad m	Coordenadas		
				Sur	Este	Altitud
Campamento Yarinal	15/06/11	4:05 pm	0.15	8572114	0426709	202
Aguas Arriba	16/06/11	11:42 am	0.15	8557879	0407060	208
Aguas Abajo	17/06/11	8:47 am	0.15	8569632	0442776	188

Fuente: Elaboración propia

## 5 Descripción del Ambiente Socio Económico

A continuación y de manera breve se ofrece una caracterización del Ambiente socio económica en la zona de estudio, para ello se ha considerado los siguientes factores: Educación, salud, población y vivienda, actividades económicas y vías de comunicación.

### 5.1 Educación

La Unidad de Gestión Educativa Local (UGEL) Tambopata, es una instancia de Gestión Descentralizada del Gobierno Regional con autonomía en el ámbito de su competencia. Su radio de acción comprende geográficamente a la provincia de Tambopata, constituida por cuatro (4) distritos: **Tambopata, Las Piedras, Inambari y Laberinto** y por razones de dinámica social, afinidad geográfica amparado en la (R.S. Nº 0204 – 2002 – ED), incluye a ocho (8) centros poblados del distrito de Madre de Dios de la provincia del Manu.

Cabe indicar que 35% de las instituciones del ámbito de la jurisdicción de la UGEL - Tambopata se encuentran a orillas de los ríos Madre de Dios, Inambari, Colorado, Tambopata, Piedras y Heath, lago Valencia y Lago Inambarillo las mismas que presentan un acceso dificultoso, el 65% de instituciones se ubican a lo largo de la interoceánica desde Heroes de Llampu (Mavila), Raúl Vargas Quirós (Alegria, Jorge Chávez Rengifo (Planchon), Sudadero, Miguel Grau,(instituciones que están focalizadas en el proceso de Municipalización de la Educación del distrito de las Piedras; Puerto Maldonado (zona urbana),San Bernardo, Aquiles Velásquez (Tres Islas), Santo Domingo, Javier Heraud (Puerto Rosario Laberinto), Alto Libertad, Sarayacu, José Carlos Mariátegui (Santa Rosa), Simón Bolívar (Mazuco) instituciones que cuentan con los tres niveles educativos de inicial, primaria y secundaria. Se suma a éstas instituciones unidocentes que se ubican al interior del eje carretero en poblados menores de difícil acceso.

En la zona de estudio no se encuentran centros educativos, teniendo que asistir los niños de la zona a Centros de Estudio en poblaciones aledañas, en algunos casos a centros educativos unidocentes.

### 5.2 Salud

Las características de los Establecimientos de Salud del Distrito donde se encuentra la zona de estudio se muestra en el siguiente cuadro:

**Cuadro Nº 008 – Establecimientos de salud por provincias y distritos – 2006**

Prov / distrito	Establecimientos de salud			
	Hospitales	Centros de salud	Puestos de salud	Total
Prov. Tambopata	1	7	63	71
Tambopata	1	3	33	37

Inambari		1	10	11
Las piedras		2	12	14
Laberinto		1	8	9
<b>Prov. Tahuamanu</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>15</b>	<b>18</b>
Iberia	1		7	8
Iñapari		1	3	4
Tahuamanu		1	5	6
<b>Prov. De Manu</b>		<b>3</b>	<b>19</b>	<b>22</b>
Manu		1	5	6
Fitzcarrald			4	4
Madre de Dios		1	6	7
Huepetuhe		1	4	5
<b>Total</b>	<b>2</b>	<b>12</b>	<b>97</b>	<b>111</b>

*Dirección Regional de Salud. 2006*

Como se puede apreciar en el Distrito se cuenta con 11 establecimientos de salud, en el Campamento Yarinal se cuenta con un puesto de salud; sin embargo es necesario señalar que no siempre se tiene la atención en el mismo por contar con solo una persona de servicio y cuando por situaciones de salud u otro este personal tiene que ausentarse, el puesto queda cerrado.

### 5.3 Población y Vivienda

La zona de amortiguamiento de la Reserva nacional Tambopata, cuenta con 50 asentamientos poblacionales, estimándose en ellos un total de 11 369 habitantes, los que representarían el 53,8% de la población de los tres distritos involucrados dentro de esta zona, excluyéndose a la población de Puerto Maldonado.

Para facilitar el análisis de estas poblaciones se ha visto por conveniente distribuir los 11 369 habitantes de la zona de amortiguamiento en agrupaciones que correspondan a su propia concentración y a sus rutas naturales de movimiento, sean estas terrestres o fluviales, obteniéndose los siguientes ejes:

- Eje carretero Puerto Maldonado – Mazuko con 27 asentamientos
- Eje río Tambopata con 11 asentamientos
- Eje río Malinowsky con 5 asentamientos
- Eje río Bajo Madre de Dios con 7 asentamientos

La mayor concentración de población se encuentra en el eje carretero Puerto Maldonado – Mazuko con una estimación de 6 932 habitantes principalmente agricultores y eventualmente, madereros o comerciantes, representado el 61% de la población de la zona de amortiguamiento en tanto que la menor concentración se presenta en el eje Bajo Madre de Dios, con 692 habitantes, cuyo grupo más numeroso corresponde a los nativos de las comunidades de Palma Real y Sonene, lo que significa el 6.1% de la población asentada en la mencionada zona.

El eje Tambopata agrupa a 1 975 habitantes (17,4%) principalmente agricultores, castañeros e integrantes de la comunidad nativa de Infierno y el eje río Malinowky, básicamente mineros en

asentamientos dispersos y residentes en la Comunidad Nativa de Kotsimba con 1770 (15,5%). Al comparar las cifras intercensales se observa el crecimiento poblacional del 64,3 % en la zona de amortiguamiento, siendo el eje de mayor crecimiento el eje río Malinowsky con 134,4% y el de menor crecimiento el eje Bajo Madre de Dios , esto nos confirmaría la tendencia de crecimiento poblacional asociada a la actividad aurífera establecida en esa zona.

Las características de las viviendas en la zona de estudio muestran, construcciones características de la zona de selva, con material propio de la zona, primando en ellas la madera como principal componente, también se utilizan hojas de arboles de la zona para construir los techos de las viviendas.

A continuación se muestra las condiciones de vivienda en el Distrito de Inambari.

**Cuadro N° 009 – Viviendas particulares por condición de ocupación de la vivienda.**

DEPARTAMENTO, PROVINCIA, DISTRITO, ÁREA URBANA Y RURAL, Y TIPO DE VIVIENDA	CONDICIÓN DE OCUPACIÓN									
	OCUPADA					DESOCUPADA				
	TOTAL	TOTAL	CON PERSONAS PRESENTES	CON PERSONAS AUSENTES	DE USO OCASIONAL	TOTAL	EN ALQUILER O VENTA	EN CONSTRUCCIÓN O REPARACIÓN	ABANDONADA CERRADA	OTRA CAUSA
<b>Distrito INAMBARI</b>	<b>2082</b>	<b>1932</b>	<b>1763</b>	<b>150</b>	<b>19</b>	<b>150</b>	<b>3</b>	<b>23</b>	<b>117</b>	<b>7</b>
Casa independiente	1451	1380	1283	86	11	71	3	23	42	3
Departamento en edificio	22	22	22							
Vivienda en quinta	8	8	8							
Vivienda en casa de vecindad	76	76	69	7						
Chozo o cabaña	500	421	362	51	8	79			75	4
Vivienda improvisada	14	14	8	6						
Local no dest. para hab. humana	3	3	3							
Otro tipo	8	8	8							
<b>URBANA</b>	<b>852</b>	<b>834</b>	<b>784</b>	<b>50</b>		<b>18</b>	<b>3</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>2</b>
Casa independiente	728	710	673	37		18	3	9	4	2
Departamento en edificio	22	22	22							
Vivienda en quinta	8	8	8							
Vivienda en casa de vecindad	76	76	69	7						
Vivienda improvisada	14	14	8	6						
Local no dest. para hab. humana	3	3	3							
Otro tipo	1	1	1							
<b>RURAL</b>	<b>1230</b>	<b>1098</b>	<b>979</b>	<b>100</b>	<b>19</b>	<b>132</b>		<b>14</b>	<b>113</b>	<b>5</b>
Casa independiente	723	670	610	49	11	53		14	38	1
Chozo o cabaña	500	421	362	51	8	79			75	4
Otro tipo	7	7	7							

Fuente: INEI – Censos nacionales 2007

## 5.4 Actividades Económicas

Como se señala en el documento “Propuesta de Zonificación Ecológica y Económica de Madre de Dios”, el Departamento de Madre de Dios, dentro del cual se encuentra la zona de estudio, puede caracterizarse como un espacio geoeconómico heterogéneo, con sub-espacios peculiares, en cuanto a articulación de tipos de población albergada, actividades económicas desarrolladas, carácter de la inserción de sus habitantes en el mercado e impacto sobre el medio ambiente. En términos generales, la conjunción de estas cuatro variables - tipo de población, actividad económica, inserción en el mercado e impacto ambiental - sobre un espacio geográfico determinado, definen un frente económico. Los límites entre un frente económico y otro constituyen las fronteras económicas.

Dentro de la heterogeneidad de actividades económicas desarrolladas en el departamento, hoy pueden distinguirse tres frentes económicos:

(1) El frente extractivo, conformado por las actividades de explotación aurífera, extracción maderera así como las actividades castañeras y extracción de otros productos forestales no maderables;

(2) el frente agropecuario, que incluye a la agricultura migratoria y a la ganadería extensiva, localizados en torno a las carreteras y las principales vías fluviales; y

(3) el frente de la conservación, legado de una economía territorial indígena, alberga a diversos pueblos indígenas, empresas de ecoturismo, iniciativas de bioinversión y al conjunto de áreas naturales protegidas.

Las dinámicas ligadas a los dos primeros frentes, el extractivo y el agropecuario, se han dado o vienen dando, de forma preponderante, como producto directo e indirecto de estímulos a la rentabilidad privada inmediata, en desconocimiento de la potencialidad de recursos para su aprovechamiento más sostenible. El resultado global es la dinámica de deterioro ambiental que, en última instancia, revisten de forma común las actividades mercantiles desarrolladas en la zona, trátase de frente extractivo o agropecuario.

En contraste, observamos un amplio espacio, denominado frente de conservación, producto de la economía indígena territorial'. Este frente guarda vocación para actividades de bajo impacto ambiental, como son el ecoturismo, la bioinversión y el desarrollo de áreas naturales protegidas. Es, además, el espacio en el que suelen ubicarse y desarrollarse las actividades hidroenergéticas.

En la zona de estudio se presentan los tres frentes económicos, dado que las actividades al ubicarse en la margen izquierda del río Malinowski se hallan dentro de la Zona de amortiguamiento de la Reserva Nacional Tambopata.

### **5.5 Vías de comunicación**

Debido a las características ambientales la principal vía de transporte es fluvial, ya que la mayoría de los ríos son navegables casi todo el año. Además existen pistas de aterrizaje en Puerto Maldonado, Manu, Iberia e Iñapari. La conexión con la red vial nacional es a través de la carretera a Puerto Maldonado hacia Cusco y hacia Puno. Con la inauguración de la carretera Interoceánica se prevé el aumento de los asentamientos a lo largo de este eje, lo que conlleva a un aumento de la densidad poblacional y una mayor presión sobre los recursos naturales del área.

El acceso al área de estudio se da por vía fluvial desde Puerto Maldonado o a través de la Carretera hacia Cuzco, se desciende a la altura del kilómetro 70 y desde ahí por una trocha monte a pie hasta el Campamento Yarinal (2 horas a pie). Ver anexo 003

## 6 Análisis Ambientales realizados

La caracterización del análisis ambiental se ha realizado en base a los componentes ambientales siguientes:

### 6.1 Calidad de Agua

Los análisis realizados en la zona han comprendido los parámetros siguientes:

**Cuadro N° 010 – Parámetros evaluados**

<b>Componente Ambiental</b>	<b>Parámetros</b>
Agua	DBO5
	DQO
	Oxígeno Disuelto
	Coliformes Fecales
	Turbiedad, UNT
	Fósforo Total
	Nitratos
	Plomo
	Cadmio
	Cianuro WAD
	Arsénico,
	Mercurio
	Cromo
	Aceites y grasas
	Hidrocarburos

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos muestran que los valores se encuentran por debajo de los estándares señalados por el GESTA – AGUA, se muestra a continuación los parámetros priorizados y por este grupo de estudio. Asimismo se muestran los valores señalados por los ECA – AGUA para la Categoría 1: Poblacional y recreacional y la Categoría 4: Conservación de ambientes acuáticos y en seguida los resultados obtenidos en los análisis realizados en los puntos de monitoreo señalados anteriormente: aguas arriba (A – 02) y aguas abajo (A-03) del Campamento Yarinal.

Figura N° 03 – Toma de Muestra de Agua – Aguas arriba del Campamento Yarinal - Rio Malinowsky



Fuente: Imágenes obtenidas en campo

Figura N° 04 – Toma de Muestra de Agua – Aguas abajo del Campamento Yarinal - Rio Malinowsky



Fuente: Imágenes obtenidas en campo

## Cuadro N° 011 – Parámetros GESTA AGUA

GRUPO DE ESTUDIO TÉCNICO AMBIENTAL DE AGUA - GESTA AGUA

USO 1: AGUAS SUPERFICIALES DESTINADAS A USO POBLACIONAL Y RECREACIONAL

PARAMETRO	UNIDAD	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable			Aguas superficiales destinadas al uso recreacional	
		A1	A2	A3	B1	B2
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	Contacto Primario	Contacto Secundario
		VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR
<b>FISICOS Y QUIMICOS</b>						
Color	Color verdadero escala Pt/Co	15 <sup>(7)</sup>	100 <sup>(2)</sup>	200 <sup>(2)</sup>	sin cambio normal <sup>(2)</sup>	sin cambio normal (2)
Materiales Flotantes	Ausente/Presente	Ausente <sup>(5)(8)</sup>	**	**	Ausente <sup>(2)(7)(8)</sup>	Ausente <sup>(2)</sup>
Olor		Aceptable <sup>(10)</sup>	**	**	Ausente <sup>(5)</sup>	**
Cloruros	mg/l	250 <sup>(5)</sup>	250 <sup>(5)</sup>	250 <sup>(5)</sup>	**	**
Conductividad	us/cm <sup>(6)</sup>	1500 <sup>(9)</sup>	1600 <sup>(7)</sup>	**	**	**
DB O <sub>5</sub>	mg/l	3 <sup>(5)</sup>	5 <sup>(5)</sup>	10 <sup>(5)</sup>	5 <sup>(5)</sup>	10 <sup>(5)</sup>
D.Q.O.	mg/l	10 <sup>(7)</sup>	20 <sup>(7)</sup>	30 <sup>(2)</sup>	30 <sup>(7)</sup>	50 <sup>(7)</sup>
Dureza	mg/l	500 <sup>(1b)</sup>	**	**	**	**
Fluoruros	mg/l	1 <sup>(10)</sup>	**	**	**	**
Fósforo Total	mg/l P	0,1 <sup>(5)</sup>	0,15 <sup>(5)</sup>	0,15 <sup>(5)</sup>	**	**
Nitratos	mg/l N	10 <sup>(5)</sup>	10 <sup>(5)</sup>	10 <sup>(5)</sup>	10 <sup>(5)</sup>	**
Nitritos	mg/l N	1 <sup>(5)</sup>	1 <sup>(5)</sup>	1 <sup>(5)</sup>	1(5)	**
Nitrógeno amoniacal	mg/l N	1,5 <sup>(1b)</sup>	2 <sup>(5)</sup>	3,7 <sup>(5)</sup>	**	**
Oxígeno Disuelto	mg/L	>= 6 <sup>(5)</sup>	>= 5 <sup>(5)</sup>	>= 4 <sup>(5)</sup>	>= 5 <sup>(5)</sup>	>= 4 <sup>(5)</sup>
pH	Unidad de pH	6,5 – 8,5 <sup>(2)</sup>	5,5 – 9,0 <sup>(2)</sup>	5,5 – 9,0 <sup>(2)</sup>	6-9 (2, 5)	**
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	1000 <sup>(10)</sup>	1000 <sup>(8)</sup>	1500 <sup>(8)</sup>	**	**
Sulfatos	mg/l	250 <sup>(1b)</sup>	**	**	**	**
Sulfuros	mg/l	0,05 <sup>(1b)</sup>	**	**	0,05 <sup>(1b)</sup>	**
Turbiedad	UNT <sup>(8)</sup>	5 <sup>(1b)</sup>	100 <sup>(5)</sup>	**	100 <sup>(5)</sup>	**
PARAMETRO	UNIDAD	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable			Aguas superficiales destinadas al uso recreacional	
		A1	A2	A3	B1	B2
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	Contacto Primario	Contacto Secundario
		VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR
<b>INORGANICOS</b>						
Aluminio	mg/l	0,2 <sup>(1)</sup>	0,2 <sup>(7)</sup>	0,2 <sup>(5,7)</sup>	0,2	**
Antimonio	mg/l	0,02 <sup>(10)</sup>	0,02	0,02	0,005 <sup>(5)</sup>	**
Arsénico	mg/l	0,01 <sup>(7)</sup>	0,05 <sup>(3)</sup>	0,05 <sup>(5)</sup>	0,01 <sup>(5)</sup>	**
Bario	mg/l	0,7 <sup>(1)</sup>	0,7 <sup>(5)</sup>	1 <sup>(5)</sup>	0,7 <sup>(5)</sup>	**
Berilio	mg/l	0,004 <sup>(3)</sup>	0,04 <sup>(5)</sup>	0,04 <sup>(5)</sup>	0,04 <sup>(5)</sup>	**
Boro	mg/l	0,5 <sup>(10)</sup>	0,5 <sup>(5)</sup>	0,75 <sup>(5)</sup>	0,5 <sup>(5)</sup>	**
Cadmio	mg/l	0,002 <sup>(1)</sup>	0,003 <sup>(1)</sup>	0,01 <sup>(5,8)</sup>	0,001 <sup>(5)</sup>	**
Cianuro Libre	mg/l	0,005 <sup>(5)</sup>	0,022 <sup>(5)</sup>	0,022 <sup>(5)</sup>	0,005 <sup>(5)</sup>	**
Cianuro Wad	mg/l	0,08 <sup>(4)</sup>	0,08 <sup>(4)</sup>	0,08 <sup>(4)</sup>	0,01 <sup>(5)</sup>	**
Cobre	mg/l	2 <sup>(10)</sup>	2	2	0,02 <sup>(5)</sup>	**
Cromo Total	mg/l	0,05 <sup>(2,5,3)</sup>	0,05 <sup>(3,5)</sup>	0,05 <sup>(5)</sup>	0,05 <sup>(5)</sup>	**
Cromo VI	mg/l	0,05 <sup>(7)</sup>	0,05 <sup>(3)</sup>	0,05 <sup>(5)</sup>	0,05 <sup>(5)</sup>	**
Hierro	mg/l	0,3 <sup>(10)</sup>	0,3 <sup>(10)</sup>	1 <sup>(8)</sup>	0,3	**
Manganeso	mg/l	0,1 <sup>(5)</sup>	0,4 <sup>(10)</sup>	0,5 <sup>(5)</sup>	0,4	**
Mercurio	mg/l	0,001 <sup>(2,10)</sup>	0,002 <sup>(5)</sup>	0,002 <sup>(5)</sup>	0,002	**
Níquel	mg/l	0,02 <sup>(10)</sup>	0,025 <sup>(8)</sup>	0,025 <sup>(8)</sup>	0,025(5)	**
Plomo	mg/l	0,01 <sup>(10)</sup>	0,05 <sup>(2)</sup>	0,05 <sup>(2)</sup>	0,01	**
Selenio	mg/l	0,01 <sup>(8)</sup>	0,05 <sup>(3)</sup>	0,05 <sup>(5)</sup>	0,01(5)	**
Zinc	mg/l	3 <sup>(2)</sup>	5 <sup>(4)</sup>	5 <sup>(4)</sup>	0,18(5)	**
<b>ORGANICOS</b>						
Aceites y grasas (MEH)	mg/l	1 <sup>(11)</sup>	1 <sup>(11)</sup>	1 <sup>(11)</sup>	Ausencia de película visible	**
Detergentes (SAAM)	mg/l	0,5 <sup>(4)</sup>	0,5 <sup>(4)</sup>	na	0,5 <sup>(4)</sup>	Ausencia de espuma persistente
<b>MICROBIOLÓGICO</b>						
<b>Bacterias</b>						
Coliformes Totales (37 °C) <sup>(CE)</sup>	NMP/100 ml	50 <sup>(2,8)</sup>	3000 <sup>(8)</sup>	50000 <sup>(2)</sup>	1000 <sup>(8)</sup>	4000 <sup>(8)</sup>
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	0 <sup>(4)</sup>	2000 <sup>(2)</sup>	20000 <sup>(2)</sup>	200 <sup>(8)</sup>	1000 <sup>(8)</sup>
Parasitos entericos	Ausencia o presencia/	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Enterococos intestinales	NMP/100 ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia	200 <sup>(12)</sup>	**
Escherichia coli	NMP/100 ml	Ausencia <sup>(1)(3)</sup>	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Giardia Lambia	Ausencia o presencia/	Ausencia <sup>(2)</sup>	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Salmonella	Ausencia o presencia/	Ausencia <sup>(2)</sup>	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

Fuente: Grupo de Estudio Técnico Ambiental del Agua – Gesta Agua

Parámetros priorizados para Aguas Superficiales Destinadas a la Obtención de Agua Potable.

Parámetros priorizados para Aguas Superficiales Destinadas al Uso Recreacional.

**Cuadro N° 012 – Parámetros ECA AGUA – Categoría 1**  
**ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA**

**CATEGORÍA 1: POBLACIONAL Y RECREACIONAL**

PARÁMETRO	UNIDAD	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable			Aguas superficiales destinadas para recreación	
		A1	A2	A3	B1	B2
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	Contacto Primario	Contacto Secundario
		VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR
<b>FÍSICOS Y QUÍMICOS</b>						
Aceites y grasas (MEH)	mg/L	1	1,00	1,00	Ausencia de película visible	**
Cianuro Libre	mg/L	0,005	0,022	0,022	0,022	0,022
Cianuro Wad	mg/L	0,08	0,08	0,08	0,08	**
Cloruros	mg/L	250	250	250	**	**
Color	Color verdadero escala Pt/Co	15	100	200	sin cambio normal	sin cambio normal
Conductividad	us/cm <sup>25</sup>	1 500	1 600	**	**	**
D.B.O. <sub>5</sub>	mg/L	3	5	10	5	10
D.Q.O.	mg/L	10	20	30	30	50
Dureza	mg/L	500	**	**	**	**
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,5	0,5	na	0,5	Ausencia de espuma persistente
Fenoles	mg/L	0,003	0,01	0,1	**	**
Fluoruros	mg/L	1	**	**	**	**
Fósforo Total	mg/L P	0,1	0,15	0,15	**	**
Materiales Flotantes		Ausencia de material flotante	**	**	Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Nitratos	mg/L N	10	10	10	10	**
Nitritos	mg/L N	1	1	1	1(5)	**
Nitrógeno amoniacal	mg/L N	1,5	2	3,7	**	**
Olor		Aceptable	**	**	Aceptable	**
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4	≥ 5	≥ 4
pH	Unidad de pH	6,5 - 8,5	5,5 - 9,0	5,5 - 9,0	6-9 (2,5)	**
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500	**	**

Fuente: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua – ECA – Agua. D.S. 002 – 2008 - MINAM

**Cuadro N° 013 – Parámetros ECA AGUA – Categoría 4**

**CATEGORÍA 4: CONSERVACIÓN DEL AMBIENTE ACUÁTICO**

PARÁMETROS	UNIDADES	LAGUNAS Y LAGOS	RÍOS		ECOSISTEMAS MARINO COSTEROS	
			COSTA Y SIERRA	SELVA	ESTUARIOS	MARINOS
<b>FÍSICOS Y QUÍMICOS</b>						
Aceites y grasas	mg/L	Ausencia de película visible	Ausencia de película visible	Ausencia de película visible	1	1
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DIBO5)	mg/L	<5	<10	<10	15	10
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	<0,02	0,02	0,05	0,05	0,08
Temperatura	Celsius					delta 3 °C
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥5	≥5	≥5	≥4	≥4
pH	unidad	6,5-8,5	6,5-8,5		6,8-8,5	6,8 - 8,5
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	500	500	500	500	
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	≤25	≤25 - 100	≤25 - 400	≤25-100	30,00
<b>INORGÁNICOS</b>						
Arsénico	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	0,05
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	-----
Cadmio	mg/L	0,004	0,004	0,004	0,005	0,005
Cianuro Libre	mg/L	0,022	0,022	0,022	0,022	-----
Clorofila A	mg/L	10	-----	-----	-----	-----
Cobre	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Fenoles	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	
Fosfatos Total	mg/L	0,4	0,5	0,5	0,5	0,031 - 0,093
Hydrocarburos de Petróleo Aromáticos Totales	Ausente				Ausente	Ausente
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,001	0,0001
Nitratos (N-NO3)	mg/L	5	10	10	10	0,07 - 0,28
<b>INORGÁNICOS</b>						
Nitrógeno Total	mg/L	1,6	1,6		-----	-----
Niquel	mg/L	0,025	0,025	0,025	0,002	0,0082
Plomo	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,0081	0,0081
Silicatos	mg/L	-----	-----	-----	-----	0,14-0,7

Fuente: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua – ECA – Agua. D.S. 002 – 2008 - MINAM

El Cuadro N° 014, muestra la comparación de los valores obtenidos en los puntos de muestreo y los valores señalados por los ECA – AGUA y el GESTA AGUA

**Cuadro N° 014 – Cuadro Comparativo – Resultado de muestra – ECA y GESTA AGUA**

Componente ambiental	Parámetro evaluado	Punto de Monitoreo A - 02	Punto de Monitoreo A - 03	ECA – AGUA Categoría 1 A1	ECA – AGUA Categoría 4. Ríos - Selva	GESTA – AGUA
Agua	DBO5 (mg/L)	<2.0	<2.0	3.0	<10	3.0
	DQO (mg/L)	<4.0	<4.0	10.0	---	10.0
	Temperatura (°C)	28.8	27.8	---	---	---
	Oxígeno Disuelto (mg/L)	6.80	6.87	≥ 6.0	≥ 5	≥ 6.0
	pH	7.90	7.95	6.5 – 8.5	---	6.5 – 8.5
	Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	11	13	Ninguno	---	0
	Turbiedad, UNT	137	118	----	---	
	Fósforo Total (mg/L P)	0.09	0.04	0.1	---	0.1
	Nitratos (mg/L N)	0.72	0.63	10.0	---	10.0
	Plomo (mg/L)	<0.02	<0.02	---	0.001	0.01
	Cadmio (mg/L)	<0.004	<0.004	---	0.004	
	Cianuro WAD (mg/L)	<0.007	<0.007	0.08	---	0.08
	Arsénico (mg/L)	<0.003	<0.003	---	0.05	0.01
	Mercurio (µg/L)	<1	<1	---	0.1	1.0
	Cromo (mg/L)	<0.03	<0.03	---	0.05	0.05
	Aceites y grasas (mg/L)	<1.0	<1.0	1.0	Ausencia de película visible	1.0
Hidrocarburos (mg/L)	<0.1	<0.1	---	---	---	

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar del cuadro comparativo, los valores se hallan dentro de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, tanto para la Categoría 1: Poblacional y Recreacional (A1) Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección, como para la Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático. Ríos de Selva. Lo mismo sucede si se compara con los estándares sugeridos por el Grupo de Estudio GESTA AGUA.

Es necesario señalar que los valores de la Categoría 4, referidos a las concentraciones de plomo y mercurio son muy exigentes, debiéndose en estos casos someter a análisis más sensibles los resultados de estos dos parámetros.

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA por sus siglas en inglés) ha establecido un límite de 2 partes de mercurio por mil millones de partes de agua potable (2 ppm o 2 µg/L).

La Organización Mundial de la Salud establece en sus valores guía para agua potable una concentración de 1 µg/L para Mercurio Total.

## 6.2 Calidad del Aire

Para establecer la Calidad del Aire en la zona se han monitoreado los siguientes parámetros:

**Cuadro N° 015 – Parámetros evaluados**

Componente Ambiental	Parámetros
Aire	PM 10
	CO
	SO2
	NOX
	Hg

Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 05 – Toma de Muestra de Aire –Campamento Yarinal**



Fuente: Imágenes obtenidas en campo

Los valores para los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire se muestran en el cuadro siguiente:

**Cuadro N° 016 – ECA AIRE**

Parámetro	Unidad	Periodo	Forma del Estándar		Método de Análisis
			Valor	Formato	
Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> )	μ/m <sup>3</sup>	24 horas	80 <sup>(1)</sup>	Media aritmética	Fluorescencia UV (método automático)
Partículas PM <sub>10</sub>	μ/m <sup>3</sup>	24 horas	150	NE más de 3 veces/año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
Monóxido de carbono (CO)	μ/m <sup>3</sup>	8 horas	10,000	Promedio móvil	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método Automático)
		1 hora	30,000	NE más de 1 vez/año	
Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	μ/m <sup>3</sup>	1 hora	200	NE más de 24 veces/año	Quiluminiscencia (método automático)
Ozono (O <sub>3</sub> )	μ/m <sup>3</sup>	8 horas	120	NE más de 24 veces al año	Fotometría UV (Método automático)
Hidrógeno Sulfurado (H <sub>2</sub> S)	μ/m <sup>3</sup>	24 horas	150	Media Aritmética	Fluorescencia UV (Método Automático)
Hidrocarburos totales (HT), Expresado como Hexano	mg/m <sup>3</sup>	24 horas	100 <sup>(2)</sup>	Media Aritmética	Ionización de la llama de hidrógeno

Fuente: D.S.N°003 – 2008 - MINAM

Como se puede apreciar en el cuadro anterior, no se considera valores de concentración para el mercurio, por lo que se ha tenido que recurrir a estándares internacionales conocidos y se señala líneas abajo los valores referenciales establecidos por la Oficina de Administración de Seguridad y Salud Ocupacional de EE. UU. (OSHA).

En el cuadro N° 17, se muestran valores comparativos de concentraciones para cada parámetro considerado en los ECA – AIRE nacionales.

**Cuadro N° 017 – Cuadro Comparativo – Resultado de muestra – ECA AIRE**

Componente ambiental	Parámetro evaluado	Punto de Monitoreo Campamento Yarinal	ECA – AIRE 24 Horas
Aire	PM 10 (μg/m <sup>3</sup> )	20.92	150
	CO (μg/m <sup>3</sup> ) 8 horas	561.64	10000
	SO <sub>2</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	0.3	80
	NO <sub>x</sub> (μg/m <sup>3</sup> ) 1 Hora	<0.5	200
	Hg (μg/m <sup>3</sup> )	0.006	----

Fuente: Elaboración propia

Tal como se mencionó, la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional de EE. UU. (OSHA, por sus siglas en inglés) ha establecido límites de 0.1 miligramos de mercurio orgánico por metro cúbico de aire (0.1 mg/m<sup>3</sup> = 100 μg/m<sup>3</sup>) en el aire del trabajo y 0.05 mg/m<sup>3</sup> para vapor de mercurio metálico en jornadas de 8 horas diarias y 40 horas semanales (ATSDR). La

Organización Mundial de la Salud por su lado señala que las concentraciones de Hg en aire no deben exceder de 1 µg/m<sup>3</sup> (promedio anual).

### 6.3 Ruido

Los resultados de las mediciones de ruido efectuadas en la Sector A6 – APAYLOM han dado como resultados valores altos en los espacios próximos a las motonaves (balsa gringo, caranchera, etc.), en el cuadro siguiente se detalla las mediciones realizadas para este componente ambiental.

**Cuadro N° 018 – Cuadro Comparativo – Resultado de muestra – ECA AIRE**

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	FECHA	HORA	DECIBELES		COORDENADAS		
				MÁXIMO	MÍNIMO	N	E	ALTITUD
R-01	Campamento Yarinal -Balsa Gringo	15-06-11	3:48 pm	94	92	8571460	0426137	212
R-02	Aguas Arriba	16-06-11	11:38 pm	58	50	8557503	0406851	212
R-03	Aguas Abajo	17-06-11	8:50 am	57	56	8569580	0442771	188
R-04	Campamento Yarinal	17-06-11		61	50	8571652	0426487	204

Fuente: Elaboración propia

Los niveles de ruido en los demás espacios están dentro de los límites normales.

### 6.4 Suelo

Se ha muestreado el suelo alrededor de los espacios en que se realiza el tratamiento de las arenas desechadas después del tratamiento con mercurio, arenas que por tanto tendrían un contenido de este metal.

El mercurio en el suelo se encuentra en principio precipitado como hidróxido Hg (OH)<sub>2</sub>. No obstante, en medios no muy oxidantes el Hg<sup>+2</sup> puede reducirse, primero a ión mercurioso y luego a mercurio metálico, el cual es muy volátil y puede difundirse por los poros del suelo.

Otra posibilidad que da lugar a la movilización del mercurio es a través de su metilación, que corresponde a la formación de un compuesto organometálico.

En el caso concreto del mercurio, se forma metilmercurio CH<sub>3</sub>Hg<sup>+</sup>, el cual, al igual que otros compuestos organometálicos, es liposoluble. En consecuencia, estos compuestos presentan una elevada toxicidad, puesto que pueden atravesar con facilidad las membranas biológicas — en particular la piel— y a partir de aquí, la incorporación del metal en la cadena trófica está asegurada.

La CCME publicó unas Directrices recomendadas para la calidad de los suelos canadienses (Recommended Canadian Soil Quality Guidelines, 1997). Los criterios que sustentan estas directrices parten de los niveles de metales en suelo que pueden plantear un riesgo para la salud de los seres humanos o del medio ambiente.

**Cuadro N° 019 – Contenido de Hg en distintos tipos de suelo**

Tipo de suelos	Mercurio (mg/Kg)
Agrícola	7
Comercial	24
Residencial/ Parques	7
Industrial	30

Fuente: CCME, marzo de 1997

Figura N° 06 – Toma de Muestra de Suelo



Fuente: Imágenes obtenidas en campo

El resultado de los análisis realizados se muestra en el cuadro N° 20.

Cuadro N° 020 – Resultado de Análisis a muestra de suelo

Componente Ambiental	Parámetro evaluado	Punto de Monitoreo SU - 01	Punto de Monitoreo SU - 02
Suelo	Hg ( $\mu\text{g}/\text{Kg}$ )	< 200	< 200

Fuente: Elaboración propia

Al no contar con valores establecidos para calidad de suelos, nos hemos remitido a valores recomendados por la **Canadian Conference on Medical Education (CCME)**.

El CCME ha establecido unos Criterios sobre la calidad ambiental para sitios contaminados (Canadian Environmental Quality Criteria for Contaminated Sites), que establecen límites para los contaminantes en suelo a fin de mantener, mejorar o proteger la calidad ambiental y la salud humana en lugares contaminados (CCME, 1996). El Cuadro N° 21 muestra los límites establecidos para el mercurio.

Cuadro N° 021 – Límites numéricos para contaminantes de mercurio en suelos

Criterios de Evaluación	Mercurio
Suelo	0.1 $\mu\text{g}/\text{g}$ por peso seco
Criterios para la rehabilitación de suelos	Mercurio
Agricultura	0.8 $\mu\text{g}/\text{g}$ por peso seco
Residencial / Parques	2.0 $\mu\text{g}/\text{g}$ por peso seco
Comercial / Industrial	10 $\mu\text{g}/\text{g}$ por peso seco

Fuente: CCME. Marzo de 1997

Estudios realizados muestran que niveles normales en áreas no impactadas por mercurio o sin anomalías geológicas pueden alcanzar valores de hasta 100 mg/kg (Adriano, 2001), en suelos agrícolas el rango de concentración de mercurio varía entre 50 y 300 mg/Kg.

### 6.5 Sedimentos

La cuantificación de la presencia de mercurio en sedimentos es de vital importancia por ser este uno de los espacios en que se produce la conversión en metilmercurio.

En sedimentos, es necesaria la existencia de condiciones reductoras para la óptima formación de metilmercurio. Aunque existen pruebas que señalan que la formación de metilmercurio se forma en un mayor porcentaje en un sistema oxidante acuoso que en uno reductor. Sólo se producen altos grados de solubilidad del mercurio en ambientes muy oxigenados (+350 a mv) como consecuencia de la fuerte tendencia del Hg (II) a asociarse con hidróxidos e iones cloruro.

El mercurio presenta una fuerte afinidad por la materia orgánica, incrementándose esta con la acidez del suelo (pH<4).

Figura N° 06 – Toma de Muestra de Sedimentos



Fuente: Imágenes obtenidas en campo

El estudio ha contemplado la realización de análisis del contenido de mercurio en sedimentos, los resultados de estos se señalan en el cuadro N° 022

Cuadro N° 022 – Resultados de análisis de mercurio en sedimentos

Componente Ambiental	Parámetro evaluado	Punto de Monitoreo SU - 01	Punto de Monitoreo SU - 02	Punto de Monitoreo SU - 03
Suelo	Hg (µg/Kg)	< 200	< 200	< 200

Fuente: Elaboración propia

Al no contarse con valores para sedimentos en la legislación Peruana se ha procedido nuevamente a tomar valores establecidos por organismos internacionales como la OMS, para establecer criterios de comparación en lo referido a límites permisibles

**Cuadro N° 023 – Valor recomendado por la OMS**

<b>Componente Ambiental</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Valor recomendado OMS</b>
Sedimentos	Mercurio	0.8 µg/g

Fuente: Elaboración propia

## **6.6 Conclusiones de los Análisis realizados**

De los análisis realizados se puede concluir que los valores obtenidos se hallan dentro de los parámetros exigidos por la normativa ambiental y por documentos desarrollados por la Organización Mundial de la Salud y otras entidades internacionales.

Esta conclusión nos lleva a confirmar la apreciación realizada en campo, las actividades mineras en el Área 6 de APAYLOM son de tal magnitud que hasta el momento ha sido absorbida y amortiguada por la propia naturaleza traduciéndose en impactos temporales y se desarrollan sin afectar los componentes ambientales monitoreados de manera permanente; sin embargo, es necesario señalar que en una zona ubicada aproximadamente a unas 3 horas aguas abajo del Campamento Yarinal (hacia la desembocadura del río Malinowsky en el Tambopata) sí se está produciendo por parte de uno de los miembros de la Asociación un daño significativo a la flora y fauna de la zona, esto debido a que se está adentrando hacia la zona colindante con el río en su margen izquierda removiendo capa de suelo y cobertura vegetal, la misma que se pierde debido a este hecho, generando con ello inestabilidad del suelo y los taludes. Se ha podido apreciar en taludes muy altos y verticales que podrían colapsar en cualquier momento con consecuencias fatales para los empleados que ahí laboran.

Si bien es cierto, esta situación se presenta en uno solo de los asociados podría extenderse esta mala práctica y terminar forzando a los demás socios a proceder de la misma manera por lo que sería importante poner énfasis en la acción de control de las operaciones de este socio.

## **7 Estudio de Salud Ocupacional**

### **7.1 Antecedentes**

La Asociación APAYLOM, es una Asociación de Mineros Artesanales que ha ubicado el desarrollo de sus actividades en la margen izquierda del río Malinowski en la Zona de Amortiguamiento de la Reserva Nacional Tambopata (tramo 3, de la micro cuenca del río Malinowski conocido como sector A-6 ), actividades que se iniciaron a inicios de la década de los años 70 y se dan hasta la actualidad.

En cumplimiento del ordenamiento legal vigente, (Ley de Promoción y Formalización de la pequeña minería y minería artesanal y a su reglamento, Ley de Áreas Naturales Protegidas y su reglamento y Decreto de Urgencia N° 012-2010-PCM), de los diecisiete mineros artesanales socios de APAYLOM, ocho de sus asociados ya cumplieron con elaborar y presentar Estudios de Impacto Ambiental (EIAs) de sus operaciones mineras ante la autoridad competente (Gobierno Regional de Madre de Dios). Iniciando de esta manera la formalización y adecuación ambiental de sus actividades.

La actividad minera aurífera aluvial permitió un importante movimiento social y económico en la sub cuenca del río Malinowski. Evidencia de esta actividad económica es la existencia de un asentamiento humano, denominado Centro Poblado de Yarinal o “A-6”. El cual cuenta con una Posta de Salud perteneciente a la Micro red de Mazuko.

Los mineros artesanales de Malinowski; para hacer valer sus derechos se constituyeron en organizaciones sociales, Asociación de Pequeños Productores Auríferos de Madre de Dios - APPMAMD; luego se formó la Asociación de Agricultores, mineros y Turistas Sociales - AMAYTUS, y posteriormente se forma la Asociación de Productores Agrícolas y Lavaderos de Oro de Malinowski - APAYLOM.

El Estudio De Los Niveles De Contaminación Ambiental y Salud Ocupacional En El Sector A6 Del Río Malinowski; se enmarca en el Proyecto “Minería Artesanal Con Responsabilidad Social Y Ambiental”, ejecutado por AIDER con financiamiento del fondo de las Américas; este estudio busca establecer el nivel de mercurio en sangre para establecer condiciones de salud ocupacional; se pone énfasis en el mercurio por ser el elemento utilizado en el proceso de separación del oro de las arenas y por ser el mercurio el elemento más contaminante usado en este proceso.

### **7.2 Referido al Mercurio**

El mercurio es un metal que ocurre en forma natural en el ambiente y que tiene varias formas químicas. El mercurio metálico es un líquido inodoro, de color blanco-plateado brillante. Al calentarlo se transforma en un gas inodoro e incoloro.

El mercurio se combina con otros elementos, por ejemplo cloro, azufre u oxígeno para formar compuestos de mercurio inorgánicos o “sales,” las que son generalmente polvos o cristales blancos. El mercurio también se combina con carbono para formar compuestos de mercurio orgánicos.

El más común, metilmercurio, es producido principalmente por organismos microscópicos llamados bacterias en el suelo y en el agua. Mientras mayor es la cantidad de mercurio en

el medio ambiente, mayor es la cantidad de metilmercurio que estos organismos producen.

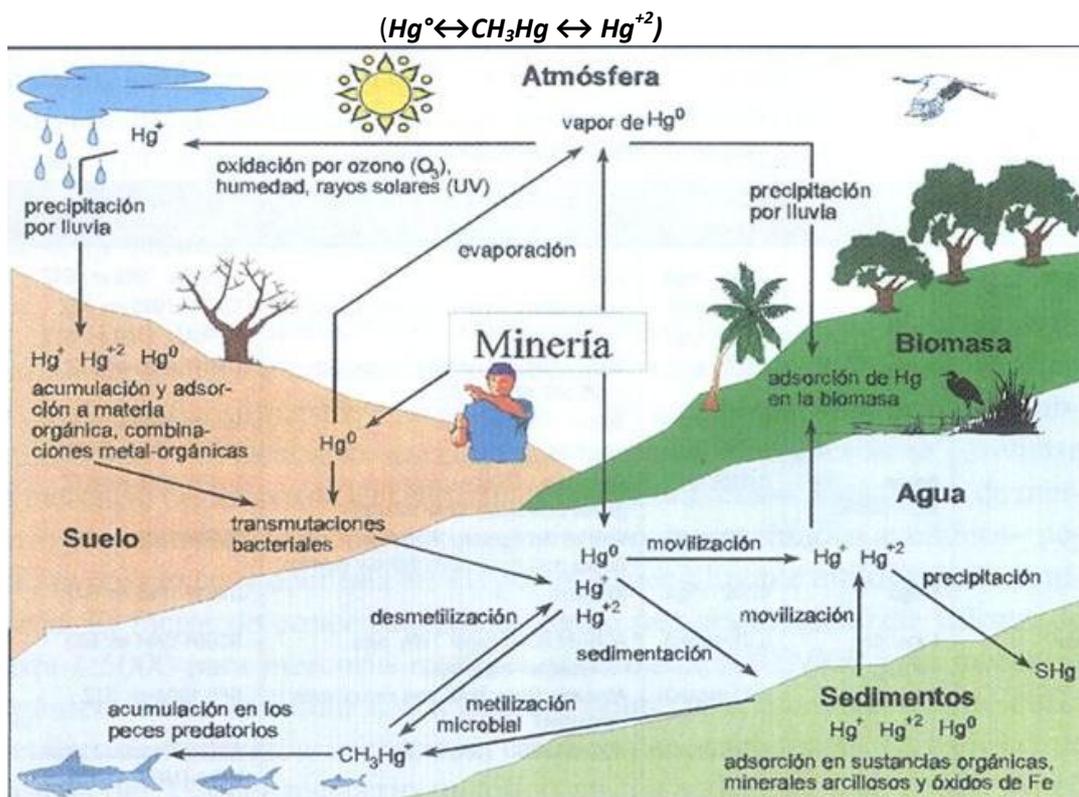
El mercurio metálico se usa en la producción de gas de cloro y soda cáustica y también se usa en termómetros, tapaduras dentales y pilas. Las sales de mercurio se usan en cremas para aclarar la piel y en cremas y ungüentos antisépticos.

El mercurio está completando un ciclo constante a través del ambiente, evaporándose a la atmósfera y volviendo a la tierra como resultado de la gravedad — deposición seca— o precipitación con el agua de lluvia. Una vez el mercurio llega al agua de superficie, como ya se ha señalado, las bacterias presentes en el agua lo absorben y lo transforman por metilación aeróbica en metilmercurio, la forma más tóxica del metal, el cual es tomado por organismos microscópicos —plancton—, que a su vez son el alimento de los peces pequeños y estos últimos de los grandes, viajando a través de la cadena alimenticia hasta alcanzar al hombre, en el cual aparecen las concentraciones más altas.

El metilmercurio se acumula en los tejidos de peces. Peces de mayor tamaño y de mayor edad tienden a tener niveles de mercurio más altos.

El mercurio realiza en el medio ambiente el Ciclo que se detalla en la figura N° 03, en el mismo se puede apreciar el ingreso del contaminante a la cadena trófica.

Figura N° 07 – Ciclo del mercurio en la biosfera y fenómenos de especiación



Fuente: MYRIAM GUTIERREZ DE SALAZAR, MD. MSc. en Toxicología. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

El mercurio es considerado uno de los metales pesados más tóxicos a nivel mundial. Su grado de toxicidad varía en función de la forma en que se presente, siendo el **metilmercurio** y el **dimetilmercurio** las formas más preocupantes. La intoxicación por mercurio se puede producir por todas las vías. El mercurio elemental se absorbe escasamente desde el tubo digestivo (menos del 0,01 %), siendo su vía principal de absorción la inhalación. Por vía cutánea la penetración es débil. La toxicidad del mercurio está determinada por su gran afinidad por los grupos SH – que remplazan al hidrógeno.

También es capaz de reaccionar con grupos amida, carboxilo y fosforilo. Esto produce graves alteraciones en proteínas con actividad enzimática, con funciones de transporte y estructurales que se expresan en diferentes tejidos. La detección de una posible intoxicación se realizará, en general, por medio de la medida de mercurio en muestras de pelo, orina o sangre. Como tratamiento de la intoxicación puede procederse a realizar un tratamiento quelante. El antídoto más adecuado es el dimercaprol (BAL) por vía intramuscular (Ferrer, 2003). A parte del estudio de los efectos perjudiciales del mercurio en los seres humanos, también en la actualidad se estudia su toxicidad en los demás seres vivos, tanto receptores acuáticos como terrestres (Gochfeld, 2003). La Organización Mundial de la Salud considera aceptable una concentración en el agua de 0,001 mg/L y una ingesta semanal tolerable de mercurio total de 5 µg/Kg de peso corporal y de metilmercurio 1,6 µg/Kg de peso corporal (WHO-IPCS, 2004). Por su parte, la ingesta tolerable al día de mercurio inhalado según la Agencia Ambiental de Reino Unido es de 0,3 mg/Kg – día, de peso corporal.

En el Cuadro N° 24, quedan reflejados de manera esquemática los principales efectos, que sobre la salud, provoca una intoxicación aguda por mercurio, así como las vías de exposición más frecuentes.

**Cuadro N° 024 – Síntomas por intoxicación aguda por mercurio.**

<b>Síntomas por intoxicación aguda de Hg</b>			
<b>Contacto ocular</b>	<b>Ingestión o inhalación</b>		<b>Efectos crónicos</b>
Lesiones graves	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lesiones de tejidos</li> <li>- Gusto metálico</li> <li>- Náuseas</li> <li>- Vómitos</li> <li>- Desarreglos intestinales</li> <li>- Neumonía</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Quemaduras aparato digestivo</li> <li>- Alteraciones sanguíneas</li> <li>- Edemas tracto respiratorio</li> <li>- Arritmias</li> <li>- Daños renales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Infecciones bucales</li> <li>- Halo de mercurio</li> <li>- Riesgo de pérdida de piezas dentales</li> <li>- Efectos en el sistema nerviosos central</li> </ul>

Valores guía de mercurio señalados por la Organización Mundial de la Salud (OMS):

La Organización Mundial de la Salud, estimó una concentración tolerable de 0.2 µg/m<sup>3</sup> para exposiciones de largo término a vapores de mercurio elemental, y una ingesta tolerable de mercurio total de 2 µg/kg–día de peso corporal.

### **7.3 Descripción de las labores en APAYLOM**

Con el fin de establecer criterios de evaluación de Salud Ocupacional es necesario revisar de manera breve las características de las labores que se realizan en el Sector A6 – de la Micro Cuenca del Río Malinowski. Se ha tomado como referencia el Documento “ESTUDIO DIAGNÓSTICO de la ACTIVIDAD MINERA ARTESANAL en MADRE DE DIOS”, editado por la Fundación Conservación Internacional y auspiciado por Cáritas – Madre de Dios.

### 7.3.1 Características de los Yacimientos mineros

La mineralización aurífera económicamente explotable corresponde a yacimientos secundarios denominados aluviales o placeres. Se encuentran en la Faja Andina y Llanura de Madre de Dios como parte de los depósitos de sedimentos aluviales donde el oro generalmente se presenta como granos finos o láminas.

Los tipos de placeres pueden clasificarse como placeres aluviales de piedemonte y placeres aluviales de llanura.

Las labores que se realizan en APAYLON se desarrollan en placeres aluviales de llanura, que corresponde, por la zona en que se ubican estas labores, a la Llanura de Madre de Dios.

Estos placeres están constituidos por los sedimentos de las playas y ríos, y una secuencia de terrazas extremadamente planas que puede alcanzar hasta 50 m de altura. En estas terrazas el río Malinowski ha labrado su cauce. Están conformados por rocas terciarias de arcillas grises que se encuentran en el fondo de los cauces de ríos; y sedimentos cuaternarios constituidos por arenas, arcillas, limo y conglomerados de coloración rojiza en la parte superior debido a la presencia de óxidos de hierro.

La mineralización se distribuye en forma horizontal, llamados "corridos" en depósitos conocidos como Point Bar, con leyes de 1 a 2 g Au/m<sup>3</sup> en las fracciones más gruesas o "cabecera de una zona", y en las fracciones más delgadas o zonas conocidas como "cola", entre 300 y 500 mg Au/m<sup>3</sup>. En las playas los depósitos de Point Bars tienen menor ley debido a que todos los años son lavados por los mineros artesanales.

De acuerdo a la geomorfología se puede distinguir las siguientes técnicas de exploración en la zona de estudio:

**En Terrazas:** Barroteo y apertura de piques. Consiste en la utilización de barretas con el objeto de ubicar puntos donde subyace la grava aurífera. Esta técnica se realiza a fines de invierno.

**En Playas:** Muestreo con lampas. Consiste en muestrear directamente la grava de las playas con ayuda de una lampa para conocer la cantidad de "chispas" por pala. Se desarrolla en época de estiaje.

**En Cauces de río:** Succión de material a través de maquinarias, balsas o dragas. Consiste en anclar la maquinaria en un punto dado, y a través de las mangueras, extraer el material del fondo del cauce y proceden a muestrear.

### 7.3.2 Características de los Tipos de Explotación

De acuerdo al empleo de herramientas y/o equipos se distinguen 03 tipos de explotación cuyas características se describen en la Tabla N° 025; sin embargo, es necesario señalar que en el Sector A6 – APAYLON, la actividad artesanal de extracción de oro se realiza de un modo mixto entre el artesanal y el Semi Mecanizado, no se utilizan cargadores frontales ni dragas de tipo alguno. La diferencia principal entre los Tipos de Explotación se da en la forma de obtención del mineral.

**Cuadro N° 025 – Características de los Tipos de Explotación.**

Características	Tipos de Explotación		
	Artesanal	Semi Mecanizado	Mecanizado
Forma de intervención	Manual en extracción del mineral, así como en lavado y recuperación arenilla con oro.	Manual en etapa de recuperación arenilla con oro	Ninguna labor manual.
Método	Ingenio, canaleta, arrastre.	Caranchera, chupadera, balsa gringo, Shute-cargador frontal, Draga tipo lanza (8",10" y 12")	Dragas (>16"), Dragas de cangilones

Fuente: Documento "ESTUDIO DIAGNÓSTICO de la ACTIVIDAD MINERA ARTESANAL en MADRE DE DIOS"

### 7.3.3 Proceso de extracción del Oro

El proceso se resume en los siguientes pasos, como se señala en el documento "MINERÍA AURÍFERA EN MADRE DE DIOS Y CONTAMINACIÓN CON MERCURIO", editado por el IIAP y el MINAM:

- Las arenas y gravas son sacadas de lugar y transportadas a las instalaciones de lavado, en que el material al final pasa sobre una alfombra o lona de yute, debajo de la cual hay un plástico, donde se depositan las arenas finas con las partículas de oro.

**Figura N° 08 – Lavado de material original**



Fuente: Imagen obtenida en campo

**Figura N° 09 – Balsa gringo**



Fuente: Imagen obtenida en campo

- La arenilla aurífera, que es un concentrado, se recoge en recipientes (baldes y similares) y se aplica mercurio para la amalgamación. Se utilizan 2.8 kg de mercurio por un kg de oro obtenido. Este proceso de amalgamación se hace a orillas del río o en el campamento.

**Figura N° 10 – Recolección de arenilla aurífera**



Fuente: Imagen obtenida en campo

- La amalgama obtenida tiene una proporción de 60% de mercurio y 40% de oro, y se le da el nombre de perla o botón de amalgama.
- Esta perla o botón se somete a calor con un soplete, se volatiliza el mercurio y funde el oro, obteniéndose el oro rehogado. El 76% de los mineros realiza esta tarea en los campamentos y un 24% al aire libre. Para el caso de PAYLOM esta labor se realiza en retortas como se muestra en la fotografía siguiente.

**Figura Nº 11 – Obtención de oro rehogado**



Fuente: Imagen obtenida en campo

- En aquellos lugares donde no se utiliza las retortas, el mercurio vaporizado permanece en estado gaseoso entre un 50% a 60% y se dispersa, y el restante vuelve inmediatamente al estado líquido y cae alrededor del área donde se hace el rehogado. En las dragas artesanales, que operan sobre los ríos, se volatiliza, por lo general, el mercurio en la misma draga y parte de este al final termina en las aguas del río.

Figura Nº 12 – Ciclo de Procesamiento del Oro



Fuente: Documento "MINERÍA AURÍFERA EN MADRE DE DIOS Y CONTAMINACIÓN CON MERCURIO" - IIAP - MINAM

De la descripción realizada podemos señalar que la operación que más afecta a los operarios y en general a las personas involucradas en las operaciones de extracción artesanal de oro es la separación por amalgamación, del oro y sus componentes originales, ello debido a la utilización del mercurio.

Debido a la situación mencionada se ha puesto énfasis en evaluar la presencia de mercurio en las personas ligadas a esta actividad.

#### 7.4 Análisis realizados

Los análisis realizados a la población muestra ha consistido en:

- Dosaje de Mercurio (Hg) en sangre
- Hemograma (hemoglobina, hematocrito)
- Descarte ETS.
- Prueba de Elisa (VIH)

Adicionalmente a lo establecido en el Plan de Trabajo, se ha considerado los siguientes análisis:

- Prueba BK en esputo.
- Dosaje de Mercurio (Hg) en cabello.

#### 7.4.1 Determinación de la Población muestral.

La población muestra ha considerado 27 personas involucradas con las acciones de extracción artesanal de oro en el Sector A6 – APAYLOM, el método de muestreo ha sido el muestreo estratificado.

Para tener una muestra representativa, debemos estratificar la muestra de acuerdo a criterios relacionados con la actividad comercial y/o social que realizan los individuos de cada estrato en relación con la extracción artesanal de oro:

**Cuadro N° 026 – Características de la Población.**

<b>COMPONENTE MUESTRAL</b>	<b>ACTIVIDAD COMERCIAL Y/O SOCIAL</b>	<b>NUMERO DE ACTORES</b>
N1	Concesionarios de la actividad minera artesanal	17
N2	Trabajadores de la actividad minera artesanal	79
N3	Tienda de compra y venta de productos.	04
N4	Taller de Mecánica y soldadura.	01
N5	Transportistas	02
N6	Informales	06
	<b>TOTAL</b>	<b>109</b>

Fuente: Elaboración propia

- Los concesionarios de la actividad minera artesanal, son los individuos más expuestos y que mayor tiempo han pasado relacionados directamente con la actividad de minería artesanal, es por ello que se ha duplicado su participación en la muestra.
- Los Trabajadores de la actividad minera artesana, que son las personas más expuestas al igual que los concesionarios pero con menos tiempo que los concesionarios.
- Los demás miembros de la población, todos ellos están relacionados de una manera similar con la actividad de minería artesanal.
- Informales, que no están directamente relacionados con la operación de minería artesanal, que brindan servicios en el campamento minero.

Con esta información construiremos una muestra lo más significativa posible. El objetivo principal de la muestra es, que todos los colectivos estén representados en la muestra. A los colectivos que hemos definido por relación directa con la actividad de minería artesanal, los llamaremos estratos.

Tamaño de la población (N) N = 109 individuos

Dividida en 6 estratos de tamaños:

**Cuadro N° 027 – Distribución del Componente muestral**

<b>Componente Muestral</b>	<b>Numero de Actores</b>
N1	17
N2	79
N3	04
N4	01
N5	02
N6	06

Fuente: Elaboración propia

Si deseamos obtener una muestra de tamaño N=20 individuos de la población inicial, seleccionamos de cada estrato una muestra aleatoria de tamaño  $n_i$  de manera que  $n_1 + n_2 + \dots + n_6 = N$ . De esta manera podemos tener información con más precisión dentro de las subpoblaciones sobre la característica objeto del estudio.

Tomaremos la muestra de tamaño proporcional a los estratos, es decir, si tomamos el estrato j-ésimo de tamaño  $N_j$ , entonces una muestra de dicho estrato será de tamaño  $n_j = (N_j/N)$ , siendo N el total de la población.

**Cuadro N° 028 – Obtención de la muestra**

<b>N=109</b>	<b><math>N_i</math></b>	<b><math>N_i/N</math></b>	<b>Tamaño</b>	<b>Estratificación de la muestra</b>
N1	17	0.156	2.436	3 x 2 = 6
N2	79	0.725	14.500	
N3	04	0.037	0.740	3
N4	01	0.009	0.180	
N5	02	0.018	0.360	
N6	06	0.055	1.1	1

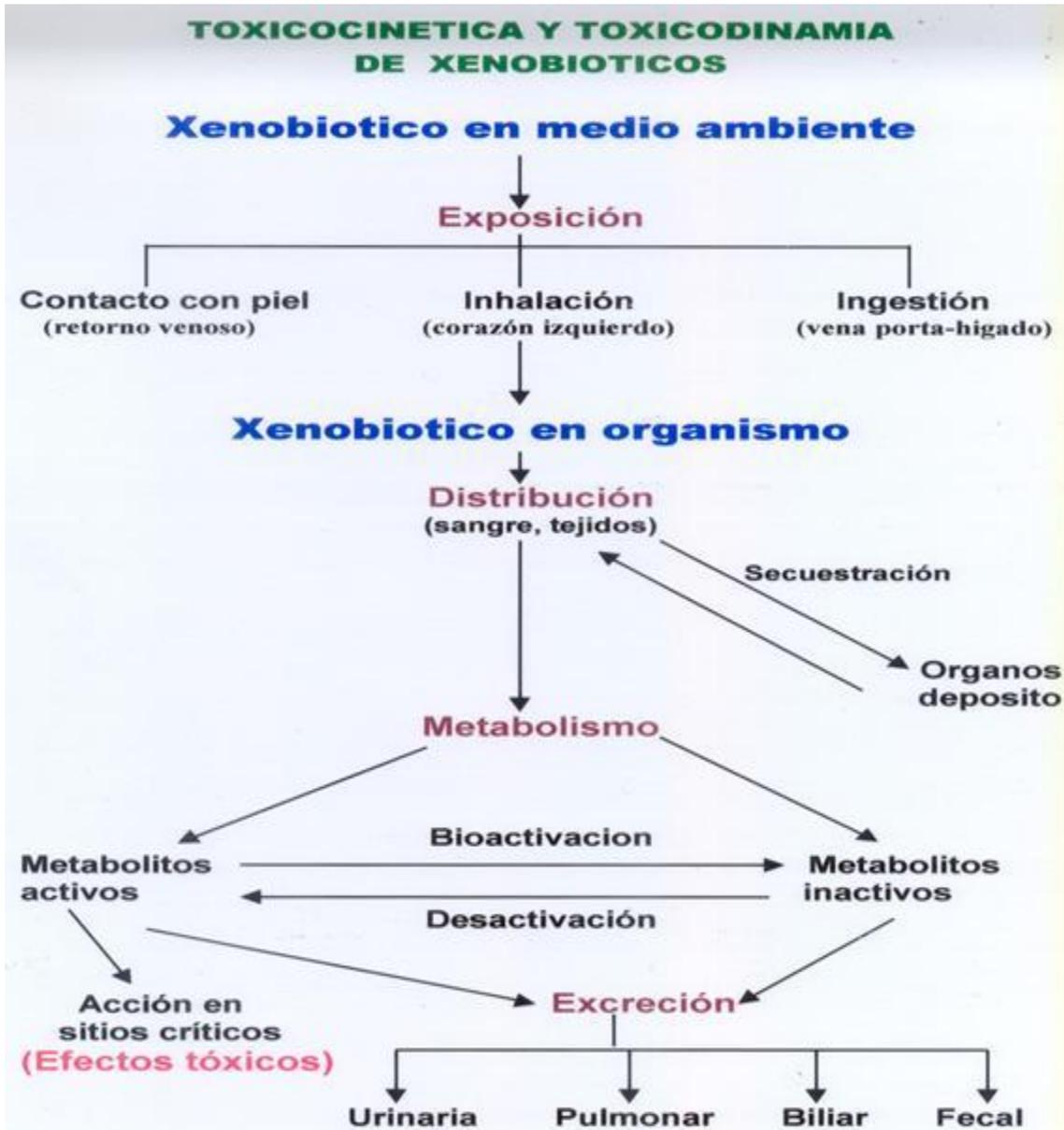
Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente a las 25 personas señaladas se han considerado dos personas de sexo femenino, esposas de los trabajadores, que también realizan trabajos en las operaciones de extracción, se les ha considerado como trabajadoras. Con las últimas dos personas el numero de personas en la muestra alcanzó a 27 personas.

#### 7.4.2 Toxicocinética y Toxicodinámica del Mercurio.

El movimiento tóxico cinético y tóxico dinámico de los elementos xenobioticos como el mercurio en el medio ambiente y en el organismo de animales se muestra en la figura N° 13. En esta figura se puede apreciar que la distribución se hace a través de la sangre y los tejidos, donde, en caso de un análisis, se encontraría las mayores concentraciones, a partir de estos el elemento queda secuestrado en órganos depósito.

**Figura N° 13 – Vías de movimiento del Mercurio en el Organismo**



Fuente: MYRIAM GUTIERREZ DE SALAZAR, MD. MSc. en Toxicología. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

El mercurio se encuentra en la naturaleza en 3 formas diferentes: mercurio elemental, compuestos inorgánicos y compuestos orgánicos, que presentan diferente solubilidad, reactividad, efectos biológicos y toxicidad.

#### 7.4.2.1 ABSORCIÓN

El mercurio se absorbe por inhalación, por ingestión y a través de la piel. La vía de ingreso y el tipo de compuesto de mercurio, determinan la concentración y la posibilidad de difusión del mercurio hacia el organismo. Además, la absorción del mercurio depende de factores propios del organismo tales como la edad, el estado fisiológico y la integridad de los tejidos.

##### a) Inhalación

El mercurio elemental se sublima con facilidad a temperatura ambiente. Al inhalarse, el vapor de mercurio elemental debido a su carácter lipofílico pasa fácilmente a través de la membrana alveolar pulmonar y entra en la sangre, donde se distribuye a los hematíes, al sistema nervioso central y a los riñones. Aproximadamente se absorbe el 80% del vapor de mercurio elemental. En cuanto a los compuestos inorgánicos la información disponible es muy limitada pero sugiere que la absorción tiene lugar tras la inhalación de algunos compuestos como los aerosoles de cloruro de mercurio. Clarkson estimó la absorción de estos compuestos vía inhalación en un estudio realizado en perros en un 40%.

##### b) Ingestión

Menos de un 0,1% de mercurio elemental se absorbe en el sistema gastrointestinal tras su ingestión, por lo que tras la ingesta su toxicidad es mínima. La absorción de los compuestos inorgánicos depende de varios factores pudiendo variar de un 10-30%. El incremento en el pH intestinal, una dieta rica en lácteos y un aumento en la actividad pinocítica en el tracto gastrointestinal se han asociado con un aumento de la absorción de mercurio. Dentro de los compuestos orgánicos se encuentran el metilmercurio, el etilmercurio y el fenilmercurio, y dentro de los antisépticos más comunes se encuentran el mercurocromo y el tiomersal. Estos compuestos se absorben rápidamente en el tracto gastrointestinal en un 80-95%. En el caso del metilmercurio, la absorción es de aproximadamente un 95%. La absorción y biodisponibilidad del metilmercurio se puede ver afectada por la interacción con otros nutrientes de la dieta, como son:

- Fibra

Algunos estudios han sugerido que la fibra de la dieta puede afectar a la absorción del metilmercurio ingerido a través del pescado. En estudios in vitro realizados recientemente por Shim y Col se ha comparado el efecto de distintos tipos de fibra, salvado de trigo (46,9% fibra insoluble, 2,80% fibra soluble), salvado de avena (11,9% fibra insoluble, 6,3% fibra soluble) y psyllium (30% fibra insoluble, 70% fibras soluble) sobre la bioaccesibilidad del metilmercurio que se define como el máximo contenido solubilizado disponible para ser captado por el epitelio intestinal. Han observado que el salvado de trigo es el que ejercía un mayor efecto sobre la bioaccesibilidad del mercurio disminuyéndola en un 72-84%. El salvado de avena y las cáscaras de psyllium únicamente producían una reducción significativa con concentraciones mayores de 100 mg. En este caso la reducción observada era de un 59-75% en el caso del salvado de avena y de un 15-31% para el psyllium. Estos resultados son consistentes con los hallados en animales por Rowland y Col en 1986, por lo que han sugerido que la fibra insoluble tiene una mayor capacidad para actuar como quelante del mercurio y disminuir su bioaccesibilidad y por consiguiente su absorción a nivel intestinal.

- Otros fitoquímicos

También se ha observado in vitro que alimentos ricos en fitoquímicos como el té verde, el té negro, la proteína de soja, tienen un impacto muy importante sobre la absorción del

mercurio cuando se ingieren simultáneamente con pescado, ya que reducen su bioaccesibilidad en un 82- 92%, un 88-91% y un 44-87%. Los compuestos tiol hallados en el ajo también actúan como quelantes de mercurio.

- Selenio

La protección del selenio frente al metilmercurio no está clara. Se especula que el contenido de selenio de los alimentos puede modificar la toxicidad del metilmercurio a través de la glutatión peroxidasa, que protege a las células catalizando la reducción del peróxido de hidrógeno y otros hidroperóxidos orgánicos generando productos más estables. De esta manera disminuiría el estrés oxidativo que produce el metilmercurio y disminuiría su toxicidad. Sin embargo, en estudios epidemiológicos, como el de las islas Feroe, no se ha hallado evidencia de que el selenio sea un factor protector frente a la neurotoxicidad producida por el metilmercurio por lo que se requieren más estudios para dilucidar si el selenio es realmente capaz de modificar la toxicidad del metilmercurio.

c) A través de la piel

La absorción del mercurio elemental a través de la piel es mínima pero sí puede causar síntomas leves en la piel como irritación, dermatitis o erupciones cutáneas. Existe evidencia científica de que el mercurio inorgánico, presente por ejemplo en cremas y jabones blanqueadores, se puede absorber a través de la piel.

#### 7.4.2.2 DISTRIBUCIÓN

El mercurio metálico se distribuye por todo el organismo tras la inhalación del mismo. Atraviesa fácilmente la barrera hematoencefálica y la placenta debido a su elevada lipofilia. Una vez oxidado a catión mercúrico, se acumula principalmente en los riñones. Los compuestos inorgánicos de mercurio divalente alcanzan todos los órganos de forma similar, sin embargo se acumulan menos en el cerebro y feto ya que su liposolubilidad es menor. Los compuestos orgánicos se distribuyen por todo el organismo tras la exposición oral especialmente en los riñones y como también atraviesa fácilmente la barrera hematoencefálica y la placenta se acumula en cerebro y feto.

El vapor de mercurio una vez inhalado, debido a que es muy liposoluble, difunde fácilmente a través de todas las membranas celulares y barreras más complejas como la barrera hematoencefálica y la placenta. El mercurio elemental se oxida rápidamente a mercurio divalente en la mayoría de los tejidos. En esta forma no atraviesa las barreras pero difunde fácilmente a hígado y riñón. Para llegar al cerebro del feto, el vapor de mercurio tiene que atravesar primero el hígado del feto y la oxidación en este órgano va a limitar la cantidad de mercurio elemental que va a llegar al cerebro del feto. Como resultado los niveles de mercurio elemental en el cerebro del feto van a ser menores que en el cerebro de la madre. Sin embargo, debido a la impermeabilidad de la barrera hematoencefálica al mercurio mercúrico ( $Hg^{++}$ ), todo el mercurio divalente que se halle en el tejido cerebral y en la placenta y el feto procederá de la oxidación del mercurio elemental y una vez se encuentra en forma de mercurio divalente no puede volver a la circulación general. Además, con el tiempo el mercurio divalente se une a especies de selenio formando complejos  $HgSe$ , que son insolubles y residen en el cerebro durante años. El proceso de la oxidación del vapor de mercurio está mediado en parte por la catalasa. En esta reacción se transfieren dos electrones del átomo de mercurio al átomo de oxígeno. Aunque el vapor de mercurio es muy liposoluble y atraviesa las membranas por difusión pasiva, se ha descubierto recientemente que también puede estar involucrado un sistema de transporte mediado por proteínas.

El metilmercurio se absorbe de forma muy eficiente en el tracto gastrointestinal. Pasa a la sangre y se distribuye por todos los tejidos atravesando fácilmente la barrera hematoencefálica y la placenta. En el tracto gastrointestinal, una fracción del metilmercurio entra en contacto con la flora intestinal que es capaz de convertir el metilmercurio en mercurio inorgánico, que como tiene una absorción muy baja, se elimina en parte por las heces. La relevancia de este mecanismo es desconocida, pero podría explicar por qué el tratamiento con antibióticos disminuye la excreción por las heces. Una vez absorbido, el metilmercurio se une al grupo tiol del aminoácido cisteína, formando un complejo con una estructura muy similar a la metionina, por lo que entra en las células mediante los transportadores de aminoácidos neutros (LAT1 y LAT2) (98). De hecho, el transporte del complejo metilmercuriocisteína es inhibido por aminoácidos como la metionina.

Se ha observado que el metilmercurio puede salir de las células hepáticas y pasar a la bilis al formar un complejo con glutatión y utilizar los transportadores endógenos de este último. Sin embargo, durante su paso por el árbol biliar, las enzimas gamma glutamil transpeptidasa y dipeptidasa hidrolizan el complejo metilmercurio-glutatión y liberan los aminoácidos constituyentes y el metilmercurio en forma de complejo con cisteína que se reabsorbe de nuevo en la vesícula biliar (primera parte del ciclo enterohepático), y se limita la cantidad de metilmercurio que iría al tracto gastrointestinal para su excreción por heces. De manera que existen dos mecanismos de transporte para el metilmercurio: la formación de complejos con cisteína para entrar dentro de las células mediante los transportadores de aminoácidos neutros y la formación de complejos con glutatión para salir de las células mediante los transportadores endógenos de glutatión. Sin olvidar que las enzimas de superficie gamma glutamil transpeptidasa y dipeptidasa pueden tener un papel muy importante en la conversión del metilmercurio extracelular en el complejo metilmercuriocisteína que se absorbe con gran facilidad de nuevo.

#### 7.4.2.3 EXCRECIÓN

La excreción urinaria de mercurio procede de la liberación directa del tejido renal y de la filtración glomerular. La excreción a través de las heces es también una importante fuente de eliminación de mercurio inorgánico. El proceso se inicia con la excreción de mercurio del hígado a través de la bilis mediante la formación de un complejo con glutatión y de aquí pasa al tracto gastrointestinal y se elimina del organismo. El mercurio elemental se oxida a mercurio divalente en la mayoría de los tejidos donde permanece durante décadas, especialmente en el cerebro y riñones. Su eliminación tiene lugar a través de la orina y las heces. La mayoría del mercurio excretado en la orina tiene lugar después de la oxidación del mercurio elemental a mercurio divalente. De manera que la mayoría del mercurio presente en la orina se encuentra en forma iónica. Una parte del mercurio elemental presente en la circulación sanguínea se exhala directamente a través de los pulmones, aunque esta vía no contribuye significativamente a la eliminación del mercurio del organismo. El mercurio iónico se excreta principalmente a través de la orina y heces, pero también se excreta a través de la leche materna. La mayoría del mercurio divalente absorbido vía oral se excreta a través de las heces, aunque permanece en el organismo durante un período variable de tiempo. Su vida media en sangre es de 20-66 días. El metilmercurio tiene una vida media en sangre relativamente larga. Se estima que varía entre 44-80 días. La excreción de metilmercurio tiene lugar principalmente a través de las heces, el cabello, y en una proporción inferior a un tercio de la excreción total, por orina. El metilmercurio también se excreta a través de la leche materna.

### 7.4.3 Efectos Sobre la Salud

Todos los seres humanos estamos expuestos a bajos niveles de mercurio. Los factores que determinan la aparición de efectos adversos y su severidad son: forma química del mercurio, dosis, edad, duración de la exposición, ruta de exposición (inhalación, ingestión o contacto dérmico) y el hábito dietético de consumo de pescado y marisco. El mercurio y sus compuestos son especialmente tóxicos para el sistema nervioso, riñones y sistema cardiovascular. Otros sistemas que pueden verse afectados son el sistema respiratorio, gastrointestinal, hematológico, y reproductivo.

#### 7.4.3.1 MERCURIO ELEMENTAL Y COMPUESTOS INORGÁNICOS

Tras una exposición a mercurio elemental los efectos adversos más importantes se deben a su toxicidad sobre el sistema nervioso. A concentraciones elevadas se afectan los riñones, la glándula tiroidea y el sistema respiratorio.

##### a) Efectos neurológicos

Los informes de exposiciones accidentales a altas concentraciones de vapores de mercurio, así como de estudios de poblaciones crónicamente expuestas a concentraciones potencialmente elevadas han mostrado efectos en una amplia variedad de funciones cognitivas, sensoriales, motoras y de la personalidad. En general, se ha observado que los síntomas disminuyen al interrumpirse la exposición. Sin embargo, se han observado efectos persistentes (temblor, déficits cognitivos) en sujetos expuestos en su trabajo 10 a 30 años después del cese de la exposición. Se han descrito temblores de las manos y/o trastornos del sueño, ira, fatiga y problemas de memoria en trabajadores crónicamente expuestos a una concentración atmosférica estimada de 0,025  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (aproximadamente equivalente a niveles de mercurio en la orina y la sangre de unos 25  $\mu\text{g}/\text{g}$  y 10  $\mu\text{g}/\text{L}$ ) no observándose con niveles de exposición algo inferiores y una concentración de mercurio en la orina de 10-15  $\mu\text{g}/\text{g}$ . También se ha observado una disminución significativa en las medidas objetivas de las funciones cognitivas y/o motoras en las poblaciones expuestas. Varios estudios demuestran sistemáticamente los efectos sutiles que ejercen en el sistema nervioso central las exposiciones laborales al vapor de mercurio. Se han observado trastornos neurológicos y de comportamiento. Los síntomas incluyen temblores que se inician en las manos y se extienden a otras partes del cuerpo, labilidad emocional que se caracteriza por irritabilidad, excitación, timidez excesiva, pérdida de confianza y nerviosismo, insomnio, alteraciones neuromusculares como debilidad y atrofia muscular, dolor de cabeza, polineuropatías como parestesias, pérdida de sensibilidad, hiperreflexia tendinosa, disminución de la velocidad de conducción nerviosa motora y sensitiva, pérdida de memoria y bajo rendimiento en las pruebas de función cognitiva

##### b) Efectos renales

El riñón es, junto con el sistema nervioso central, un órgano crítico en la exposición al vapor de mercurio. El mercurio elemental se puede oxidar en los tejidos del cuerpo a una forma inorgánica divalente. El riñón acumula ese compuesto inorgánico de mercurio en mayor medida que la mayor parte de los otros tejidos. Un alto nivel de exposición laboral o tras el uso de cremas para aclarar la piel puede provocar glomerulonefritis (mediada por complejos inmunes) con proteinuria y síndrome nefrítico pero los casos señalados son relativamente escasos. Por lo tanto, probablemente sea necesario que haya una susceptibilidad genética específica para que se manifieste claramente una nefritis. A altas exposiciones lo más común es la proteinuria, tanto glomerular (albúmina) como tubular (proteínas de bajo peso molecular). Sin embargo, generalmente no se ve albuminuria a niveles de exposición que resultan en una concentración de mercurio en la orina inferior a 100  $\mu\text{g}/\text{g}$  de creatinina. En exposiciones de bajo nivel, se ha señalado un efecto en los

túbulos renales, que se manifiesta por un aumento en la excreción de proteínas de bajo peso molecular, y que puede constituir el efecto biológico más precoz. Ese efecto aparece con una exposición laboral en trabajadores que presentan una concentración de mercurio en la orina de unos 10 µg/g de creatinina. Por otra parte, las consecuencias a largo plazo de la proteinuria tubular aún no son claras y se ha sugerido que algunos efectos renales pueden ser reversibles tras un período de tiempo suficiente. Parece ser que los efectos adversos en el riñón se producen generalmente a exposiciones mayores que las que inducen efectos neurofisiológicos.

#### c) Efectos en el aparato respiratorio

La toxicidad en el aparato respiratorio de la exposición a vapores de mercurio elemental se manifiesta por congestión y edema pulmonar, tos, neumonitis intersticial e insuficiencia respiratoria.

#### d) Efectos en el sistema cardiovascular

Algunos signos de la toxicidad cardiovascular de la exposición aguda a mercurio elemental son taquicardia, elevación de la presión sanguínea y palpitaciones. Sin embargo, tras examinar la literatura científica disponible, es difícil decir si los efectos en la función cardiovascular se deben a una toxicidad directa o indirecta del mercurio elemental en el corazón. El Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas y el ATSDR señalaron que la exposición aguda a la inhalación de altas concentraciones de vapores de mercurio elemental procedentes del calentamiento de mercurio elemental y de compuestos inorgánicos de mercurio produce un aumento de la presión sanguínea y palpitaciones. En trabajadores de minas europeas de mercurio, se señaló un aumento de la mortalidad debido a hipertensión y a cardiopatías, y se indicó que esos efectos aumentaban con el tiempo transcurrido desde el primer empleo y con la exposición acumulativa estimada al mercurio.

#### e) Efectos en el aparato digestivo

El signo más común es la estomatitis, que generalmente aparece tras exposición a una alta concentración de vapores de mercurio elemental. Otros efectos gastrointestinales que aparecen con frecuencia son náuseas, vómitos, diarrea y cólicos abdominales.

#### f) Efectos en la glándula tiroidea

La glándula tiroidea puede acumular mercurio cuando se produce una exposición continua a mercurio elemental. Se ha observado que una exposición laboral moderada afecta a la glándula tiroidea cuando los niveles de mercurio en la orina son de 15-30 µg/g de creatinina. El mercurio produce un aumento en la concentración sérica media de la triyodotironina inversa (T3r) y un aumento de la proporción de tiroxina libre (T4) y T3 libre. Parece ser que afecta a la enzima deiodinasa responsable de la deiodación de la tiroxina (T4) a triyodotironina (T3), una selenoenzima. Sin embargo, Ellingsen y col, señalaron asimismo que "la función de conjunto de la glándula tiroidea, evaluada midiendo la TSH y las hormonas tiroideas, parece conservarse en los trabajadores expuestos a niveles bajos de mercurio elemental".

#### g) Efectos en la piel

La exposición a vapores de mercurio elemental de duración intermedia o aguda puede resultar en una respuesta conocida como acrodinia, condición caracterizada por un

aumento de la sensibilidad de las plantas de los pies y palmas de las manos con sensación de hormigueo seguida de una erupción eritematosa con exfoliación y pigmentación parda de las extremidades.

#### h) Efectos en la reproducción y el desarrollo

Estudios sobre la exposición laboral indican que la exposición al mercurio elemental puede afectar la reproducción humana. Los efectos posibles son un aumento de abortos espontáneos, anomalías congénitas y una disminución de la fertilidad en las mujeres. En estudios sobre la exposición laboral, la exposición del padre al mercurio metálico no parece causar infertilidad ni malformaciones. Sin embargo, un estudio sobre resultados de embarazos de las parejas de 152 hombres expuestos al mercurio reveló un aumento de la incidencia de abortos espontáneos.

### 7.4.3.2 METILMERCURIO

El que la exposición al mercurio perjudique la salud de una persona dependerá de muchos factores. Casi todas las personas tienen al menos ciertas cantidades mínimas de mercurio en sus tejidos lo cual refleja una contaminación ambiental difundida. Las personas pueden estar expuestas al mercurio en cualquiera de sus formas bajo situaciones diferentes. Los factores que determinan cuán severos son los efectos a la salud debido a la exposición al mercurio incluyen:

- La forma química del mercurio-elemental, compuestos inorgánicos o compuestos orgánicos.
- La dosis-qué cantidad.
- La duración de la exposición-por cuánto tiempo.
- La ruta de la exposición-la inhalación, la ingestión, la inyección, el tacto.
- Otras exposiciones químicas.
- Las características específicas de la persona-su edad, su condición de salud.

Se puede identificar la exposición y los riesgos a la salud al realizar pruebas para medir la cantidad de mercurio en la sangre, la orina, la leche materna, las uñas de los dedos de las manos y los pies, y el cabello. Con el pasar del tiempo, el cuerpo se libera de parte del mercurio. El mercurio metálico es eliminado naturalmente del cuerpo, pero puede tomar meses hasta un año para que los niveles se reduzcan significativamente.

La toxicidad del metilmercurio es mucho mayor que la de los compuestos inorgánicos de mercurio. Los efectos perjudiciales del metilmercurio mejor documentados son los que se producen sobre el desarrollo del sistema nervioso en el feto y el recién nacido. Es un potente neurotóxico y el sistema nervioso del feto en desarrollo es el órgano diana.

#### a) Efectos neurológicos

Los efectos nocivos del mercurio y específicamente del metilmercurio se conocen desde finales de los años 50, debido a la intoxicación masiva que se produjo por el consumo de pescado contaminado en la bahía de Minamata (Japón). Una empresa química vertía

directamente en el agua de la bahía el mercurio que empleaba como catalizador para la producción industrial de acetaldehído. Entre 1953 y 1960 murieron 78 personas y hubo muchísimos afectados. La prevalencia general de trastornos neurológicos y mentales en la región de Minamata era de 59%. Estos efectos se centraban principalmente en el SNC y diferían dependiendo de si se afectaba un SNC en desarrollo o adulto. En adultos el daño provocado por MeHg va dirigido a estructuras cerebrales específicas como la capa de células granulares de cerebelo y la corteza visual.

En cambio, los efectos del MeHg en cerebros en desarrollo son más difusos y extensos ya que afectan a procesos de formación de microtúbulos, migración neuronal y división celular. En cerebros en desarrollo, el tiempo de inicio de la exposición al tóxico correlaciona con la severidad de los efectos inducidos, es decir cuánto más temprana sea la exposición, mayores son los efectos observados en el cerebro. Los signos clínicos más comunes en los adultos fueron parestesias periorales y distales, ataxia, estrechamiento del campo visual, problemas de audición, trastornos del habla, temblores de manos y pies, etc. En los casos graves se producía una encefalopatía grave que conducía al coma y a la muerte. En 1965, la mortalidad fue del 44,3%. El examen del cerebro de los pacientes gravemente afectados que fallecieron reveló una atrofia pronunciada (55% del volumen y peso normales) con cavidades quísticas y focos esponjosos. Las concentraciones de mercurio en el pelo estuvieron comprendidas entre 50 y 700  $\mu\text{g/g}$ . El metilmercurio atraviesa la placenta por lo que los niños afectados intraútero presentaban un cuadro análogo a una parálisis cerebral grave, con un grave retraso en el desarrollo, ceguera, sordera y alteraciones del tono muscular y de los reflejos tendinosos profundos.

Otro incidente ocurrió en Irak. En otoño de 1971, Irak importó gran cantidad de semillas de cebada y trigo tratadas con un fungicida a base de metilmercurio y las distribuyó para su siembra en la primavera de 1972. A pesar de las advertencias oficiales, el grano fue molido y los granjeros utilizaron la harina para hacer pan. Como resultado, más de 6.500 personas fueron hospitalizadas y 459 fallecieron. Los síntomas y signos del envenenamiento por metilmercurio así como los cambios histopatológicos también se centraban en el sistema nervioso central. Los síntomas aparecían en promedio 1 a 2 meses tras la exposición. La concentración de mercurio en sangre era mayor en los recién nacidos y en los niños de corta edad, que podían haber estado expuestos intraútero o durante la lactancia, que en los adultos. En los niños se observó retraso mental, retraso en las etapas del desarrollo, alteraciones del tono muscular y de las funciones sensoriales. Hubo también muchos afectados de ceguera y sordera. En adultos, los síntomas dependían de la dosis y, entre las personas más gravemente afectadas, se observó ataxia, visión borrosa, alteraciones del lenguaje y dificultades de audición. A diferencia de las exposiciones a largo plazo que tuvieron lugar en Japón, la epidemia de envenenamiento por metilmercurio que ocurrió en Iraq fue de corta duración, pero la magnitud de la exposición fue grande. Analizando los estudios de estas graves intoxicaciones, la OMS estimó que el 5% de los adultos expuestos a metilmercurio experimentarían efectos neurológicos con una concentración en sangre de 200  $\mu\text{g/L}$  (lo que corresponde en cabello aproximadamente a 50  $\mu\text{g/g}$ ). Sin embargo, esta estimación fue cuestionada por Kosatsky y Foran al reanalizar estos estudios y sugirieron que la concentración más baja de mercurio que produce alteraciones clínicas es probablemente muy inferior.

De manera que tras estos lamentables incidentes, las investigaciones se dirigieron a conocer los riesgos que suponía para la salud pública, una exposición crónica pero baja al metilmercurio, por un consumo habitual de pescado. Una serie de grandes estudios epidemiológicos han mostrado recientemente que el metilmercurio de la dieta de mujeres embarazadas constituida por productos marinos parece producir efectos sutiles y persistentes en el desarrollo mental de los niños, que se observan desde el comienzo de la

edad escolar. Estos efectos se producen aunque el mercurio se encuentre en concentraciones bajas, alrededor de 1/10 - 1/5 de las concentraciones que producen efectos observados en adultos. El primero de estos estudios se realizó en Nueva Zelanda. De una cohorte de 11.000 mujeres que habían tenido un hijo en 1978, se determinó el mercurio en 1000 mujeres que referían haber comido pescado 3 veces a la semana durante el embarazo. En 73 mujeres se observaron cifras por encima de 6 µg/g de mercurio en cabello, constituyendo el grupo de alta exposición. En el primer seguimiento, a los 4 años, se examinaron a 31 niños de este grupo de elevada exposición y 31 niños controles con baja exposición y fueron pareados para factores de confusión (grupo étnico de la madre, edad, lugar y fecha de nacimiento). El grupo de exposición elevado mostró puntuaciones significativamente inferiores en el Denver Development Screening Test, que es un test estandarizado que evalúa el desarrollo mental y motor del niño.

De la cohorte original se hizo un seguimiento a la edad de 6 años. Se tomaron 61 niños del grupo de elevada exposición, se dividieron en tres grupos y se parearon con 3 grupos control. Un grupo cuyos niveles de mercurio en la madre habían sido de 3-6 µg/g, y dos grupos con niveles < a 3 µg/g. Los grupos se parearon para las siguientes variables de confusión: grupo étnico, edad, lugar de residencia, sexo del niño y número de comidas de pescado. Se evaluó la función psicológica con la escala Wechsler de inteligencia para niños (WISC-R), la función motora y sensorial mediante la escala de habilidades infantiles de McCarthy y una prueba de evaluación del desarrollo del lenguaje oral. Se observaron peores puntuaciones estadísticamente significativas cuanto mayor era la concentración de mercurio en el pelo de la madre. Hallaron una disminución de 3 puntos en el cociente intelectual, en los niños cuyas madres tenían concentración de mercurio en el pelo > de 6 µg/g.

Otro de los grandes estudios se realizó en las islas Feroe, situadas en el Atlántico Norte entre Noruega e Islandia. En este archipiélago la población tiene una exposición elevada a metilmercurio por su costumbre de pescar y consumir ballenas calderón. Sin embargo, en el estudio se observó que el consumo de pescado era variado aunque se asociaba con la ingesta de calderón. La primera cohorte consistió en 1021 niños nacidos durante un período de 21 meses entre 1986 – 1987. La exposición prenatal a metilmercurio se estimó mediante la determinación de la concentración de mercurio total en cordón umbilical y cabello materno. Un total de 917 niños (el 90.3%) participaron a los 7 años en una exploración neurológica minuciosa que incluía pruebas neurológicas funcionales, evaluación de la función sensorial y pruebas de coordinación motora. Además se hizo especial hincapié en la evaluación de la función neurofisiológica y neuropsicológica mediante tests específicos. A los 14 años se repitió la evaluación, de nuevo con una tasa de participación muy elevada.

Tanto a los 7 como a los 14 años se observó que las áreas más afectadas y que mostraban asociación con la exposición prenatal a metilmercurio eran la atención, el lenguaje y la memoria verbal y en menor medida la velocidad motora y la función visuoespacial. Observaron que al doblar la concentración de mercurio se producía una disminución de 1,5 (0.85- 2.4) puntos en el cociente intelectual. Se controlaron factores de confusión como la edad, sexo y los bifenilos policlorados (PCBs), estos últimos neurotóxicos que podrían potenciar la neurotoxicidad del MeHg. También se observaron latencias retardadas de los potenciales evocados auditivos y una disminución de la variabilidad del ritmo cardiaco asociándose con la exposición a mercurio.

De manera que los resultados de este estudio mostraron que los efectos sobre el sistema nervioso central debidos a la exposición a metilmercurio son multifocales y permanentes. Además se observó que el mejor biomarcador de exposición era la sangre del cordón

umbilical. Otro de los grandes estudios de cohorte que se diseñaron para ver a nivel poblacional los efectos del metilmercurio es el de las Islas Seychelles, situadas en el océano Índico, al noreste de Madagascar. La cohorte piloto incluía 800 madres. A los 66 meses se evaluaron 217 niños con el McCarthy General Cognitive Index, Perceptual Performance subscale, el Preschool Language Scale Total Language y la subescala de comprensión auditiva. Se observó una asociación negativa con el contenido en mercurio en pelo materno. Sin embargo, cuando los autores eliminaron los aparentes valores extremos, únicamente se observaron diferencias estadísticamente significativas con la comprensión auditiva. El estudio completo incluyó una evaluación de los niños a los 6.5, 19, 29 y 66 meses y a los 8 años. En general no se observó una asociación clara entre las áreas evaluadas y el contenido de mercurio en el cabello materno a excepción de una disminución en la destreza motora fina (mayor tiempo para completar el grooved pegboard test con la mano no dominante) en los casos que habían tenido una exposición fetal a mercurio más elevada.

Se ha intentado dilucidar el por qué de estas diferencias entre estos estudios. Factores como el tipo de biomarcador de exposición considerado pueden influir en estas diferencias. En las Islas Feroe se observó que aunque también recogieron y analizaron cabello de la madre, el mejor biomarcador de exposición era la sangre del cordón umbilical. En Nueva Zelanda utilizaron cabello materno pero recogido tras el parto, pero en el estudio de las Islas Seychelles recogieron la muestra de cabello materno 6 meses después del parto, identificando el segmento que representó el embarazo asumiendo que el cabello crece 1,1 cm por mes, lo que puede conducir a errores. Además, las pruebas neurocognitivas y neuroconductuales tienen connotaciones culturales y las traducciones pueden degradar la validez de los mismos cuando se aplican en otros países como en las Islas Seychelles. Por ello, tiene gran importancia que se observen diferencias significativas en una prueba como el groove pegboard test, que no tiene connotación cultural. También se han propuesto otras hipótesis como la ingesta de algunos nutrientes que pudieran modificar el metabolismo o la toxicidad del mercurio.

En el año 2000 la Academia Nacional de las Ciencias y el Centro de Investigación Nacional (NAS/NRC) de EEUU opinaron que el estudio más fiable era el de las Islas Feroe y concluyeron que existía una fuerte evidencia de la neurotoxicidad fetal del metilmercurio. Los aparentes resultados negativos de las Islas Seychelles, no les disuadieron ya que creían se debía a que la cohorte era más pequeña que la de las Islas Feroe y que sólo tenía el 50% de potencia estadística para detectar los efectos hallados en el otro estudio. Aunque como se ha comentado anteriormente los efectos perjudiciales del metilmercurio mejor documentados son los que se producen sobre el desarrollo del sistema nervioso en el feto y el recién nacido, cada vez hay más estudios que indican que el metilmercurio también puede afectar a la función cognitiva en adultos. Se han observado déficits asociados al mercurio en las funciones motoras, psicomotoras, visuales y cognitivas en poblaciones del Amazonas brasileño, grandes consumidores de atún en Italia y en poblaciones que viven cerca de industrias cloroalcalinas. Sin embargo, en el estudio Baltimore realizado en EEUU en el que participaron sujetos de 50 - 70 años cuya media geométrica fue de 2,1 µg/L, muy inferior a la de los estudios anteriores, no se observó evidencia consistente de efectos negativos en las pruebas neuropsicológicas.

#### b) Efectos cardiovasculares

En los últimos años ha aumentado la evidencia científica sobre los efectos nocivos del metilmercurio sobre el sistema cardiovascular en adultos. Parece ser que el metilmercurio aumenta el riesgo de enfermedad cardiovascular. Especialmente se observa un aumento del riesgo de infarto agudo de miocardio y de cardiopatía isquémica, hipertensión y de

alteraciones en la variabilidad del ritmo cardiaco. La asociación más fuerte se observa con el riesgo de infarto agudo de miocardio en hombres adultos. Es de destacar el hecho de que estos efectos adversos sobre el sistema cardiovascular se observan con concentraciones de mercurio muy inferiores a las asociadas con neurotoxicidad. Los efectos adversos del mercurio en la enfermedad cardiovascular se observaron por primera vez en el estudio de cohorte KIHD (Kuopio Ischemic Heart Disease Risk Factor), cuyos resultados fueron publicados en 1995 por Salonen et al. El estudio KIHD es un estudio en curso prospectivo de base poblacional que está diseñado para investigar los factores de riesgo para enfermedad cardiovascular, aterosclerosis y eventos relacionados en una población aleatoria compuesta por hombres del este de Finlandia. Entre 1984 y 1989 participaron 2682 hombres de 42 a 60 años y se recogieron muestras de cabello como biomarcador de exposición al mercurio. Se siguieron durante 6 años y se observó que el riesgo relativo de eventos coronarios agudos y de muertes por cualquier causa se hallaba incrementado significativamente en el tercil más elevado de contenido de mercurio ( $> 2,0 \mu\text{g/g}$ ). El riesgo era de 1,96 (IC95%: 1,23-3,13) para accidentes isquémicos coronarios y de 2,26 (IC 95%: 1,43-3,56) para las muertes por cualquier causa. Se observó también un aumento del riesgo de muerte por enfermedad cardiovascular y coronaria pero este aumento no fue significativo probablemente debido al escaso número de eventos.

El seguimiento de los siguientes 4 años fue realizado por Rissanen y observaron que un elevado contenido de mercurio en el cabello atenuaba los efectos beneficiosos de los ácidos grasos del pescado sobre el riesgo de accidentes isquémicos coronarios agudos. En el último seguimiento de esta cohorte realizado por Virtanen et al, se siguieron a los participantes durante 4 años más, de manera que se siguió a la cohorte una media de 13,9 años. Durante este tiempo hubo 282 accidentes isquémicos coronarios, 132 casos de enfermedad cardiovascular, 91 casos de enfermedad coronaria y 525 muertes. Se dividió a los hombres en terciles y se observó que los hombres en el tercil más elevado ( $>2 \mu\text{g/g}$ ) tenían un riesgo después de ajustar para múltiples factores de 1,60 (IC95%: 1,24-2,06) de evento coronario agudo, de 1,68 (IC 95% 1,15-2,44) de enfermedad cardiovascular, de 1,56 (IC95%: 0,99-2,46) de enfermedad coronaria, de 1,38 (IC95%: 1,15-1,66) de muerte por cualquier causa, cuando se comparaba con los hombres en los otros dos terciles inferiores. Además, para cada microgramo de mercurio en cabello, el riesgo de evento coronario agudo aumentaba un 11% (95%IC:6-17%), el riesgo de muerte por enfermedad cardiovascular aumentaba un 10% (IC 95%: 2-19%), el riesgo de muerte por enfermedad coronaria aumentaba un 13% (IC 95%: 3-23%) y el riesgo de muerte por cualquier causa un 5% (IC 95%: 1- 9%)(120;122). Además, el estudio KIHD ha sido el único en informar sobre el efecto negativo del mercurio sobre la progresión de la aterosclerosis. Salonen et al estudiaron a 1014 hombres de la cohorte KIHD y determinaron el grado de aterosclerosis en la carótida mediante una valoración ultrasonográfica del grosor de la íntima media de la arteria carótida. Hallaron que por cada aumento de 1 microgramo/g de mercurio en cabello aumentaba el grosor en  $8 \mu\text{m}$  y cuando se dividieron a los hombres en quintiles de acuerdo a su contenido en mercurio en cabello, el incremento de grosor fue un 32% mayor en el quintil más elevado que en los quintiles inferiores tras ajustar por los factores de confusión relevantes.

En el año 2002 Guallar y Col presentaron los resultados del proyecto EURAMIC (European Community multicenter study on Antioxidants, Myocardial Infarction and Breast Cancer) en el que participaron 8 países europeos e Israel. Es un estudio casos-controles, en el que evaluaron la asociación entre mercurio y el ácido docosahexaenoico (DHA) con el riesgo de infarto agudo de miocardio en 684 casos hombre y 724 controles hombre de menos de 70 años. Se midió el mercurio en las uñas y el DHA en tejido adiposo. Se observó que el contenido de mercurio en las uñas se asociaba directamente con el riesgo de infarto de

miocardio y que la concentración de DHA en tejido adiposo se asociaba inversamente con el riesgo. Lo que sugiere que el mercurio puede disminuir los efectos beneficiosos del consumo de pescado en la salud cardiovascular como se observó también en la cohorte KIHD Sin embargo, otro estudio realizado en profesionales de la salud en EEUU, no halló una asociación entre mercurio y enfermedad coronaria. Se cree que es debido a que el 63% de los controles eran dentistas y tenían una exposición a mercurio más de dos veces superior al resto de los grupos de la cohorte, aunque por ahora se desconoce si el mercurio elemental o inorgánico actúa de la misma manera sobre el sistema cardiovascular que el orgánico.

En cuanto al riesgo de hipertensión, la asociación es más débil. En el estudio de las islas Feroe se halló asociación entre un aumento de la presión diastólica y sistólica en los niños a los 7 años de edad y exposición gestacional a metilmercurio. Sin embargo, esta asociación no se observó cuando se volvieron a examinar a los niños a los 14 años. La disminución de la variabilidad en el ritmo cardiaco se asoció con la exposición a metilmercurio y este efecto persistió a los 14 años aunque se desconoce la importancia clínica de este hallazgo en niños. Recientemente en un estudio realizado en el Amazonas, aunque los resultados de presión arterial eran relativamente bajos, se halló una asociación estadísticamente significativa después de ajustar mediante un análisis de regresión logístico, entre la concentración de mercurio en cabello y la presión arterial. El Odds Ratio (OR) para presión sistólica elevada (>130 mmHg) y mercurio en cabello > 10 µg/g era de 2,91 (1,26-7,28) teniendo en cuenta la edad, el índice de masa corporal, el tabaco, el género y la comunidad a la que pertenecían.

#### 7.4.4 Mecanismos de acción del metilmercurio

La liposolubilidad de los compuestos de mercurio promueve su acumulación en compartimentos muy ricos en lípidos como el cerebro. La elevada afinidad del MeHg por los grupos tioles convierte a las proteínas o péptidos que contienen residuos de cisteína en moléculas susceptibles de ser modificadas estructural y funcionalmente en cualquier compartimento subcelular.

En los sistemas biológicos, el MeHg se halla formando complejos con cisteína, homocisteína, metalotioninas, glutatión o albúmina entre otros, por lo que no existe un único mecanismo ni una única molécula diana capaz de explicar la multitud de efectos neurotóxicos inducidos por el MeHg en el SNC.

Los efectos del MeHg sobre la integridad celular y tisular han sido estudiados en animales de experimentación y en distintos modelos celulares incluyendo células gliales, células madre neuronales, neuroblastomas, y cultivos primarios en especial de células granulares de cerebro. Además de los efectos nocivos en la estructura celular del SN, otros elementos como la transmisión nerviosa (receptores, señalización celular, síntesis, degradación y transporte de neurotransmisores), la homeostasis del calcio, los procesos relacionados con la respiración mitocondrial y la obtención de energía y finalmente la síntesis de proteínas ADN y ARN se barajan como las principales dianas del MeHg en el SN. El metilmercurio produce inhibición de la síntesis de proteínas y alteración de la fosforilación de las mismas. La tubulina es una de las proteínas cuya fosforilación está incrementada por MeHg, afectando su función en los procesos celulares en los que participa. El ión calcio desempeña un papel crítico en los procesos de muerte en el sistema nervioso. Diferentes trabajos realizados con distintos modelos neuronales han demostrado que las exposiciones a corto plazo a MeHg alteran la homeostasis del calcio. Por otra parte, la utilización de quelantes o inhibidores de los canales del calcio protege de ciertos efectos tóxicos entre ellos de la muerte neuronal.

El citoesqueleto, implicado en el movimiento y en procesos de división celular es una de las dianas específicas del MeHg, y en especial los microtúbulos. La integridad de los microtúbulos es fundamental para el desarrollo del SN, la proliferación celular, la migración de células mitóticas durante la formación de la corteza cerebral y cerebelar, para la extensión y estabilización de las neuritas y para el transporte axodendrítico. Todos estos procesos están alterados por la presencia de MeHg.

Los efectos del mercurio sobre la transmisión sináptica pueden ocasionar debilidad muscular y alteraciones en el SNC. Los compuestos de mercurio son capaces de alterar la función de los receptores GABA, NMDA, de dopamina y de acetilcolina de tipo nicotínico y muscarínico afectando la transmisión nerviosa. Además, el cerebro es un órgano especialmente vulnerable al estrés oxidativo debido a la elevada tasa de actividad metabólica oxidante, a la alta demanda energética para el transporte de neurotransmisores e iones, a la elevada concentración de sustratos oxidables como los ácidos grasos poliinsaturados de las membranas, a la generación endógena de ROS, a la alta relación superficie de membrana/volumen citoplasmático y finalmente a los bajos niveles de mecanismos intracelulares de protección (GSH, melationinas, catalasa y glutatión peroxidasa).

El estrés oxidativo, asociado a una acumulación de especies reactivas tóxicas (EROs, especies reactivas de nitrógeno) procedente de la alteración del equilibrio entre los componentes celulares prooxidantes y antioxidantes, es un factor fundamental de la neurotoxicidad mediada por MeHg. El MeHg es capaz de alterar distintas funciones mitocondriales incluyendo la respiración y la fosforilación oxidativa además de inducir cambios en la concentración de calcio mitocondrial. El MeHg altera la cadena de transporte de electrones a nivel del complejo III (ubiquinol: citocromo c oxidoreductasa) de la cadena respiratoria mitocondrial, traduciéndose en un incremento de EROs, una depleción de GSH y un aumento de la peroxidación lipídica. Además, es capaz de reducir los niveles de ATP intracelular en células granulares del cerebelo promoviendo la apertura del poro de permeabilidad transitoria en la mitocondria, proceso irreversible que se acompaña de una hinchazón de la mitocondria que conduce a la liberación de  $Ca^{+2}$ , de factores mitocondriales como el citocromo c y el factor inductor de apoptosis.

Los antioxidantes ejercen una mayor protección de la muerte neuronal inducida por MeHg que los inhibidores de canales y transportadores de calcio, lo que indica que el estrés oxidativo es la principal causa de neurotoxicidad. La neurodegeneración provocada por MeHg cursa tanto con apoptosis como con necrosis, dos tipos de muerte celular bien diferenciadas morfológica y molecularmente, dependiendo de la concentración y el tiempo de exposición. La muerte apoptoica puede cursar por distintas vías según el mecanismo intracelular activado. Existen dos vías principales de apoptosis, la vía extrínseca dependiente de la activación de los receptores de muerte y la vía intrínseca dependiente de las mitocondrias. Generalmente, la muerte apoptoica dependiente de la activación de los receptores de muerte cursa con la activación de la caspasa 8, seguida por la activación directa de las caspasas efectoras (3,6 o 7) o de factores citosólicos pro-apoptóticos como BID, capaz de activar la vía intrínseca de apoptosis. La vía intrínseca de apoptosis, iniciada por estímulos externos o internos (estrés oxidativo, agentes tóxicos, etc) conduce a la permeabilización de la membrana mitocondrial, liberación del citocromo c y activación de las caspasas efectoras. Por otro lado, existen también evidencias de la muerte apoptotica inducida por metilmercurio dependiente de la activación de la caspasa 3, de muerte apoptótica mediada por el factor inductor de apoptosis, por la proteasas lisosomales y por las calpaínas (proteasas dependientes de calcio).

A nivel cardiovascular existen varios mecanismos de acción por los que el mercurio produce efectos cardiotóxicos. La oxidación de la LDL se considera el acontecimiento clave en el desarrollo de la aterosclerosis.

Existen varios mecanismos por los que el mercurio puede promover la peroxidación lipídica y la aterosclerosis. El mercurio tiene una elevada afinidad por los grupos sulfidrilo del glutatión, N-acetilcisteína, ácido alfa lipoico, etc. que proporcionan del 10- 50% de la capacidad antioxidante proteica del plasma. La disminución de la disponibilidad de estos antioxidantes reduce las defensas e incrementa el estrés oxidativo.

El mercurio tiene mucha afinidad por el selenio, uniéndose a él y formando complejos insolubles. De manera que el mercurio reduce la biodisponibilidad del selenio y por consiguiente la actividad de la glutatión peroxidasa, promoviendo también la peroxidación lipídica y la aterosclerosis. Se ha observado en pacientes con enfermedad coronaria que una disminución en la actividad de la glutatión peroxidasa se asociaba con un incremento del riesgo independiente de accidentes cardiovasculares. Además, el mercurio también produce inactivación de la superóxido dismutasa, la catalasa y la paraoxonasa.

El mercurio como es un metal de transición puede actuar como catalizador en las reacciones tipo Fenton, que tienen como resultado la formación de radicales hidroxilo muy reactivos induciendo disfunción mitocondrial y estrés oxidativo. La capacidad del mercurio para unirse a grupos tiol también puede provocar la inhibición de la activación del factor nuclear  $\kappa$ B que está implicado en respuestas inflamatorias. Además puede suprimir la producción de NO. También existe evidencia in vitro de que el mercurio puede inducir cambios en la agregación plaquetaria uniéndose a grupos tiol de la ATPasa Na- K de membrana. El bloqueo de los canales de calcio podría facilitar el desarrollo de arritmias.

Resumiendo, se han demostrado numerosos efectos tóxicos del mercurio en estudios in vitro, en animales y en humanos. Sobre el sistema cardiovascular produce estrés oxidativo, promueve la inflamación, la trombosis, la disfunción endotelial, la dislipidemia, y alteración de la función inmune y mitocondrial.

Las diferentes formas y compuestos de mercurio tienen peculiaridades toxicocinéticas específicas. En este aspecto las propiedades químicas e interacciones biológicas de importancia son las siguientes:

- El mercurio elemental (e-Hg) es soluble en los lípidos, altamente difusible a través de las biomembranas y bio-oxidado intracelularmente a mercurio inorgánico (i-Hg).
- El mercurio inorgánico (i-Hg) es soluble en agua y menos difusible a través de las biomembranas que el e-Hg. Induce a la síntesis de proteínas del tipo metalotioneína en el riñón, siendo la unión principal del mercurio a las proteínas, no estructural.
- Los compuestos de alquil-mercurio (al-Hg), principalmente el metilmercurio (me-Hg), son solubles en los lípidos, altamente difusibles a través de las biomembranas y es biotransformado muy lentamente en i-Hg.
- Los compuestos mercuriales orgánicos (or-Hg) y (alox-Hg) son solubles en los lípidos y rápidamente degradables en el organismo a i-Hg.

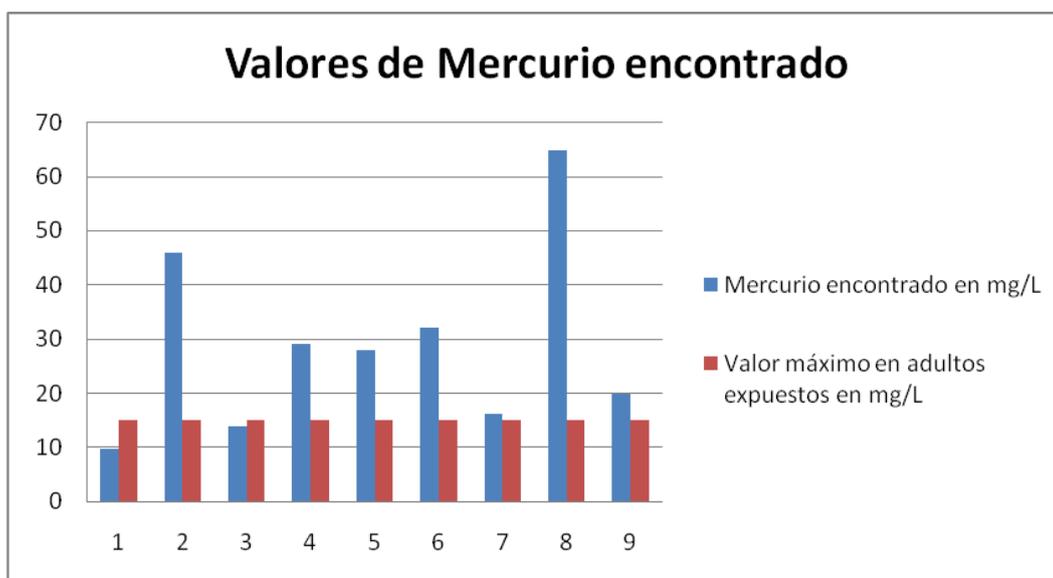
## 7.5 Resultados de los análisis realizados

Se consignan a continuación los resultados obtenidos de los análisis clínicos y el procesamiento de la información obtenida.

### 7.5.1 Dosaje de mercurio en sangre

La Figura N° 14, muestra las concentraciones de mercurio halladas en las muestras de sangre obtenidas de socios, trabajadores, comerciantes, transportista e informales, las muestras han sido tomadas en el Campamento Yarinal y en algunos casos se ha tenido que trasladar la persona encargada del muestreo hasta el mismo lugar de trabajo (Balsa, Caranchera, etc).

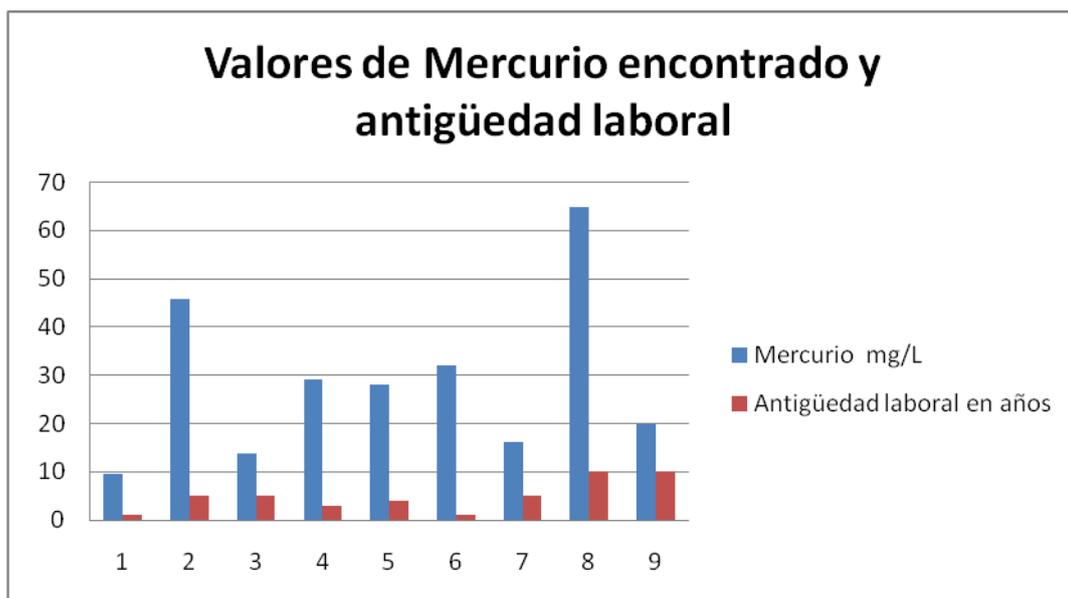
**Figura N° 14 – Concentración de Mercurio muestras de sangre**



Fuente: Elaboración Propia

El Centro Toxicológico de Quebec (CTQ) ha establecido como valor de referencia de mercurio en sangre un valor menor o igual a 20  $\mu\text{g/L}$ . Los análisis realizados muestran que cerca del 30 % de la población muestra ha superado los valores de referencia, dos de los casos observados tienen valores que superan hasta en 3 veces los valores de referencia debiéndose realizar un control más estricto con la salud de estas dos personas.

**Figura N° 15 – Concentración de Mercurio y antigüedad laboral**



Fuente: Elaboración Propia

En la Figura N° 16, se muestra las concentraciones de mercurio en relación a la antigüedad laboral en años en las labores de APAYLOM, es necesario señalar que no se ha logrado confirmar si el tiempo de labor en operaciones de extracción artesanal de oro de las personas muestreadas se limitan al tiempo que están en el Sector A6 o si empezaron a trabajar en estas labores en otras zonas y por su experiencia llegaron a APAYLOM. Si bien es cierta la relación concentración de mercurio y antigüedad laboral debería ser directamente proporcional, los análisis nos muestran que esta relación no se presenta en todos los casos, sería recomendable profundizar los estudios para llegar a establecer una relación más exacta.

**Figura N° 16 – Toma de muestras de sangre – Campamento Yarinal**



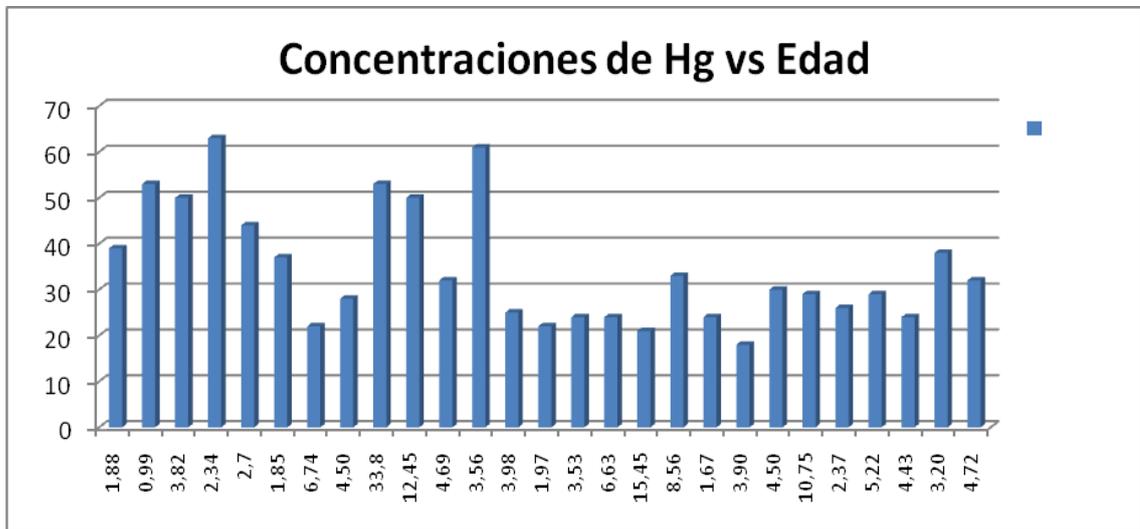
Fuente: Imagen obtenida en campo

### 7.5.2 Dosaje de mercurio en cabello

Para realizar esta prueba adicional se ha enviado las muestras de cabello al CETEM – Brasil. Agradecemos a Caritas Madre de Dios, en la persona de su Secretario General, Blgo. Cesar Ascorra Guanira y a la Ing. Patricia Dávila Maldonado, por cuyo intermedio se logró enviar las muestras de cabello al Laboratorio de Especificação de Mércurio Ambiental (LEMA) del Centro de Tecnología Mineral en Rio de Janeiro – Brasil, para ser procesadas y reforzar los resultados obtenidos en los análisis realizados en sangre en nuestro país. Por supuesto nuestro expreso agradecimiento a la Dra. Zuleica Castilho, encargada de dicho Centro de Investigación por su apoyo.

En la Figura N° 17 se aprecia los valores de concentración de mercurio en cabello relacionados versus la edad de la población muestreada.

**Figura N° 17 – Concentración de Mercurio - Edad**



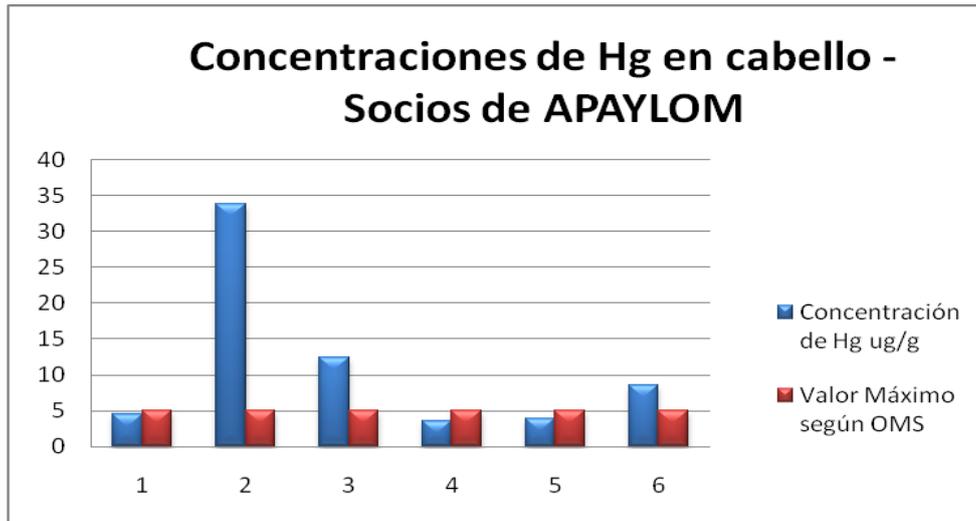
Fuente: Elaboración Propia

El valor más alto de concentración de mercurio en cabello, se ha presentado en un varón de 53 años, Socio de APAYLOM, con más de 5 años de labores en la zona. Esta persona ha declarado consumir pescado 3 veces a la semana y sufre de diabetes. Es importante señalar que dos personas que sufren de diabetes muestran concentraciones altas de mercurio en cabello.

A continuación se muestran las concentraciones de mercurio en cabello, diferenciando el tipo de ocupación que la población muestreada desarrolla.

Entre los Socios muestreados el 50% supera los valores referenciales establecidos por la OMS (5 µg/g); asimismo, un 33% de los Trabajadores muestreados superan el valor señalado de mercurio en cabello.

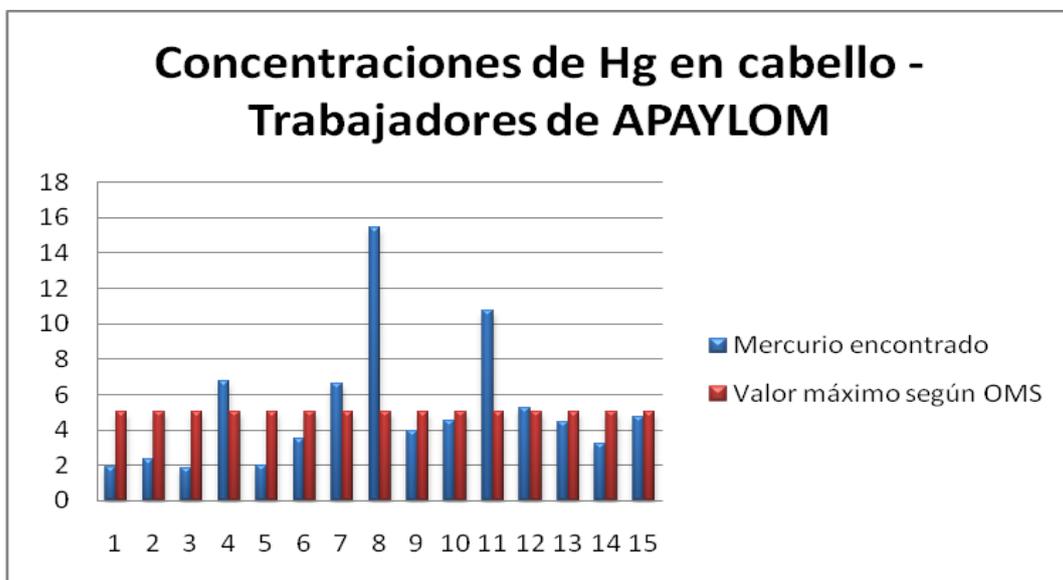
**Figura Nº 18 – Concentración de Mercurio en Socios**



Fuente: Elaboración Propia

Las figuras 18 y 19 mostrados nos indican que las personas que tienen un contacto más cercano con las operaciones de extracción del oro, son las que mayores concentraciones de mercurio presentan en sus organismos; sin embargo, cabe señalar que la variable que mayor relación ha mostrado con las concentraciones de mercurio es la alimentación.

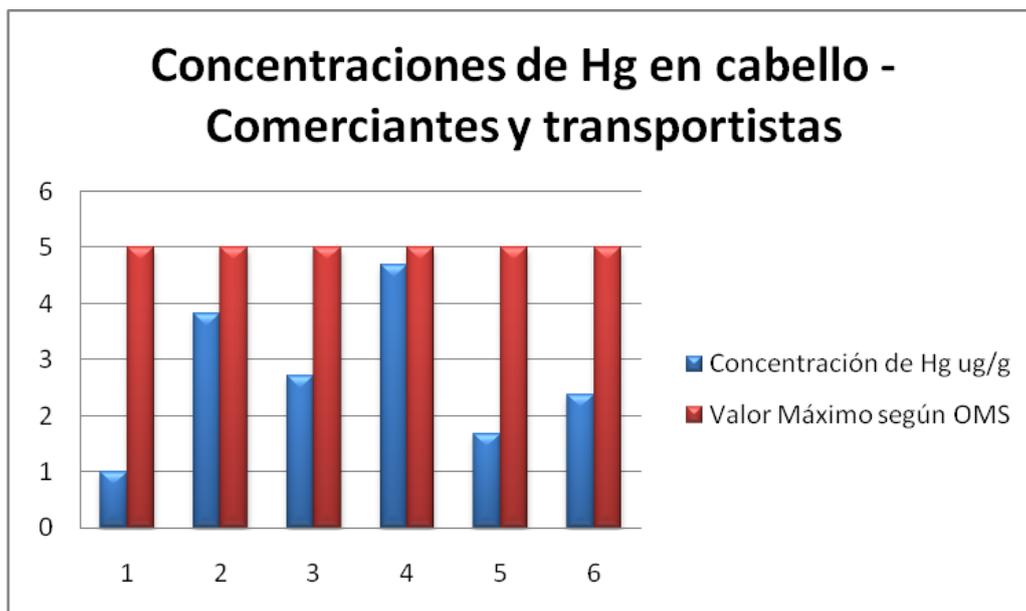
**Figura Nº 19 – Concentración de Mercurio en Trabajadores**



Fuente: Elaboración Propia

La figura 20, muestra claramente que en el caso de las personas que de manera tangencial se relacionan con las operaciones en APAYLOM, las concentraciones de mercurio en sus organismos esta por debajo de los valores de referencia establecidos por la Organización Mundial de la Salud.

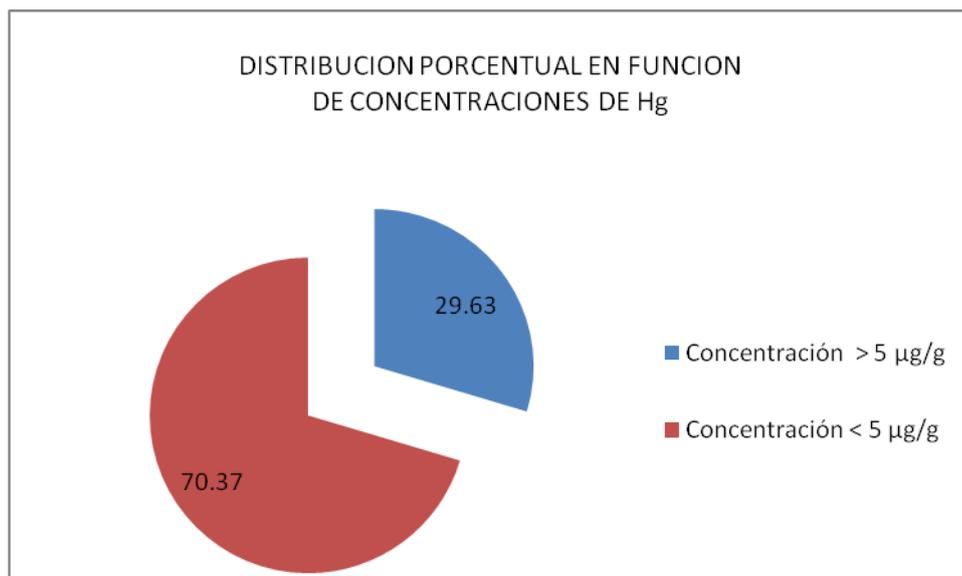
**Figura N° 20 – Concentración de Mercurio en Comerciantes y Transportistas**



Fuente: Elaboración Propia

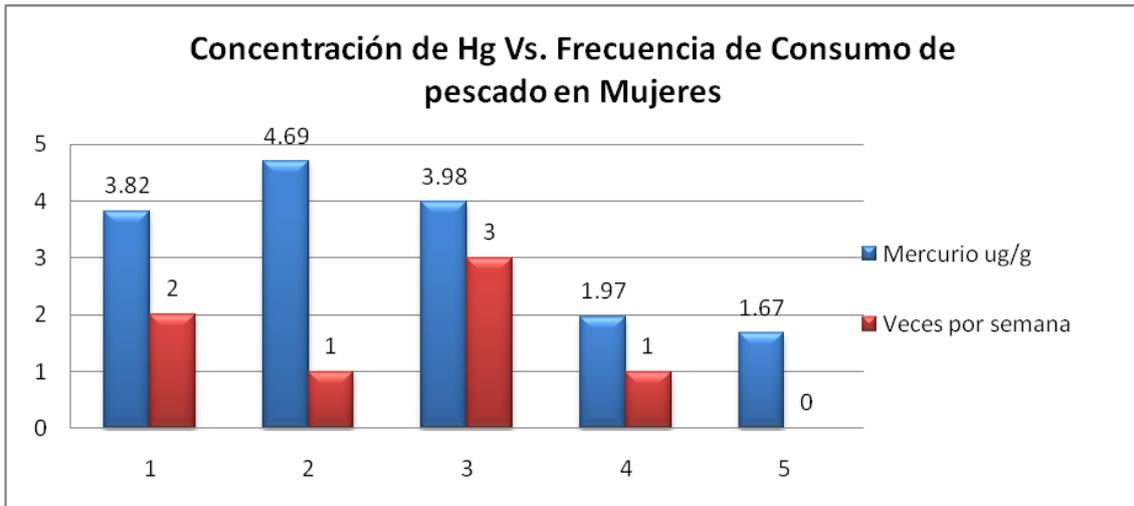
En la figura 21 se observa el porcentaje que representa la población con niveles de mercurio en cabello mayores a 5  $\mu\text{g/g}$  (Valor referencial establecido por la OMS), representando el 29.63% de la muestra total y el porcentaje de la población muestreada que tiene niveles menores a 5  $\mu\text{g/g}$ , representando el 70.37%.

**Figura N° 21 – Porcentaje de Población y concentración de Hg en cabello**



Fuente: Elaboración Propia

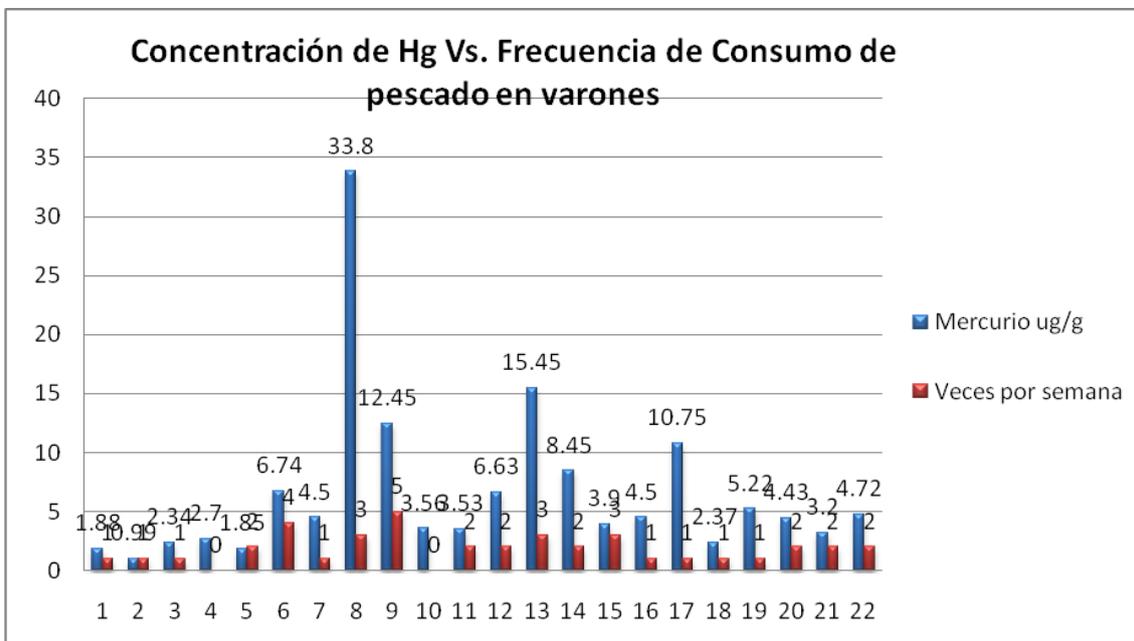
**Figura Nº 22 – Concentración de Mercurio vs frecuencia de consumo de pescado en mujeres**



Fuente: Elaboración Propia

En los análisis realizados se puede observar que existe una relación muy cercana entre el consumo de pescado de la zona y el incremento de las concentraciones de mercurio en cabello, lo afirmado queda graficado en las figuras 22 y 23, donde se puede apreciar que el mayor consumo de pescado (barras rojas) se correlaciona con las concentraciones de Hg en cabello (barras azules).

**Figura Nº 23 – Concentración de Mercurio vs frecuencia de consumo de pescado en varones**



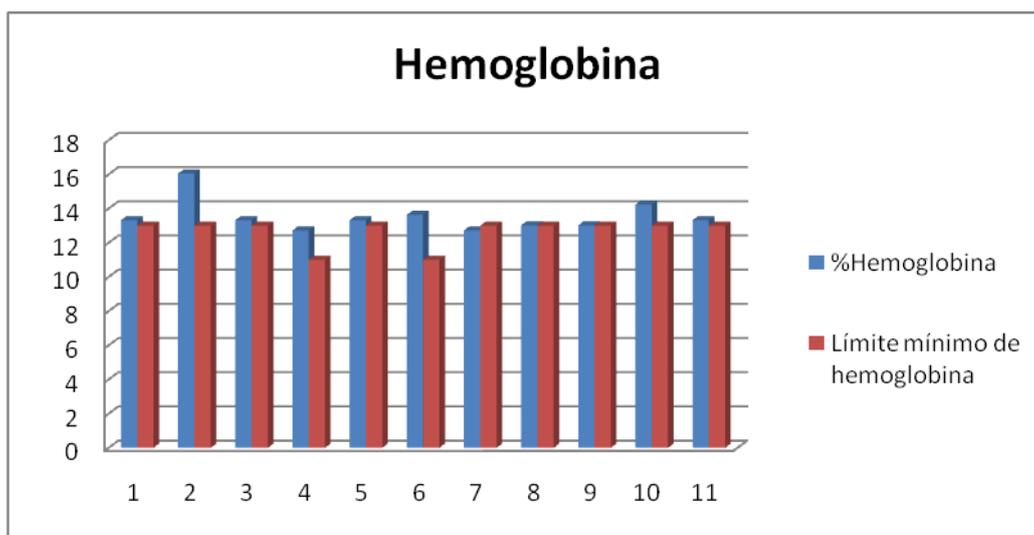
Fuente: Elaboración Propia

Al igual que en los análisis de sangre, las concentraciones en cabello frente a la antigüedad en las labores, no se encuentran en proporción directa, es necesario realizar mayores estudios que permitan relacionar las diferentes variables (estilo de vida, alimentación, edad, enfermedades, etc.) con las concentraciones de mercurio presentes.

### 7.5.3 Determinación de Hemoglobina y Hematocritos

Los análisis realizados han mostrado que los niveles de Hemoglobina de las personas muestreadas se hallan cerca a los límites mínimos tanto en varones como en mujeres, esta situación es probable se deba al hecho de encontrarse en espacios muy por debajo de los 500 msnm, en la zona muestreada.

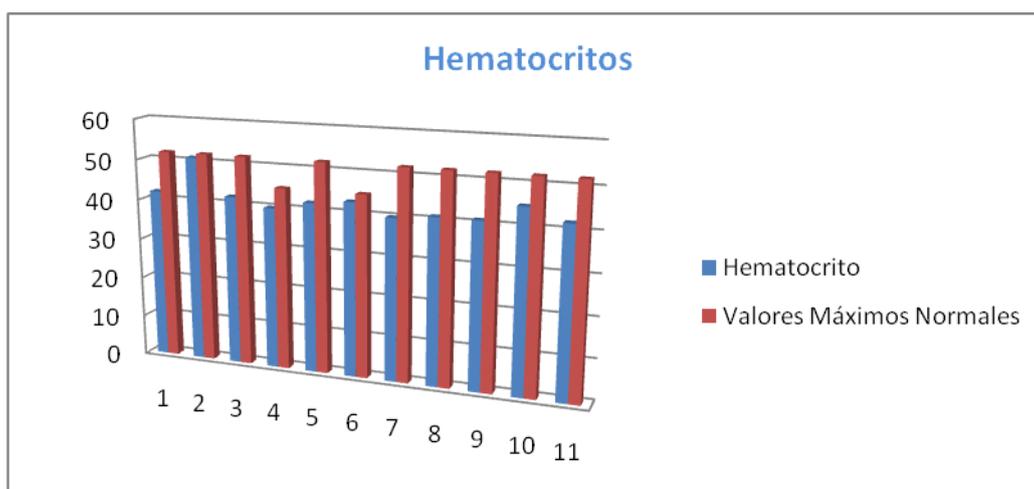
**Figura N° 24 – Niveles de Hemoglobina**



Fuente: Elaboración Propia

Los valores rango para hematocritos en varones esta establecido entre 40 – 52% y para mujeres entre 37 – 45%.

**Figura N° 25 – Porcentaje de hematocrito presente**



Fuente: Elaboración Propia

Los valores de hematocritos de los muestreados se hallan dentro de los rangos normales establecidos para este parámetro.

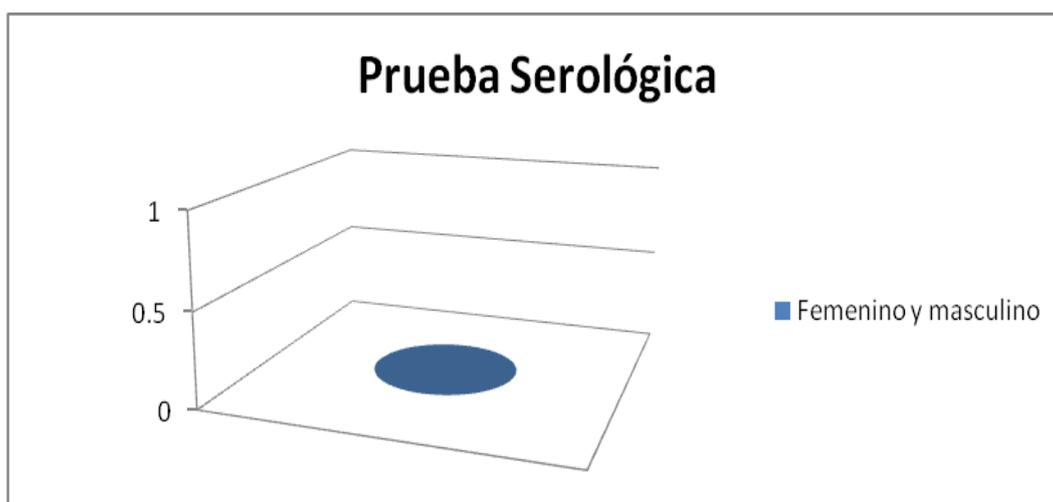
#### 7.5.4 Descarte de Enfermedades de Transmisión Sexual (Análisis Serológico)

De la población que permitió que se les realicen la Prueba Serológica, ninguno presenta reacción positiva al reactivo. La Prueba utilizada para el examen es la de tipo **no treponémica**, RPR (Rapid Plasma Reagin). El RPR es una prueba diseñada para detectar reagina en el suero de manera rápida, no requiere inactivación por calor. La muestra se mezcla con una suspensión que posee cardiolipina, lecitina y colesterol en partículas de carbón. Si la muestra es positiva se observa pequeños grumos negros (floculación). El resultado se reporta como reactivo o no reactivo; todos aquellos reactivos deben ser diluidos seriadamente para realizar la titulación, y se reporta la dilución más alta que exhibe reacción.

Los falsos negativos se pueden producir por errores técnicos y los falsos positivos son los mismos que para la prueba de VDRL.

Se ha desarrollado variantes de esta prueba en las que la muestra puede ser plasma sin que se pierda su sensibilidad y especificidad.

**Figura Nº 26 – Respuesta a Prueba Serológica en Población muestreada**



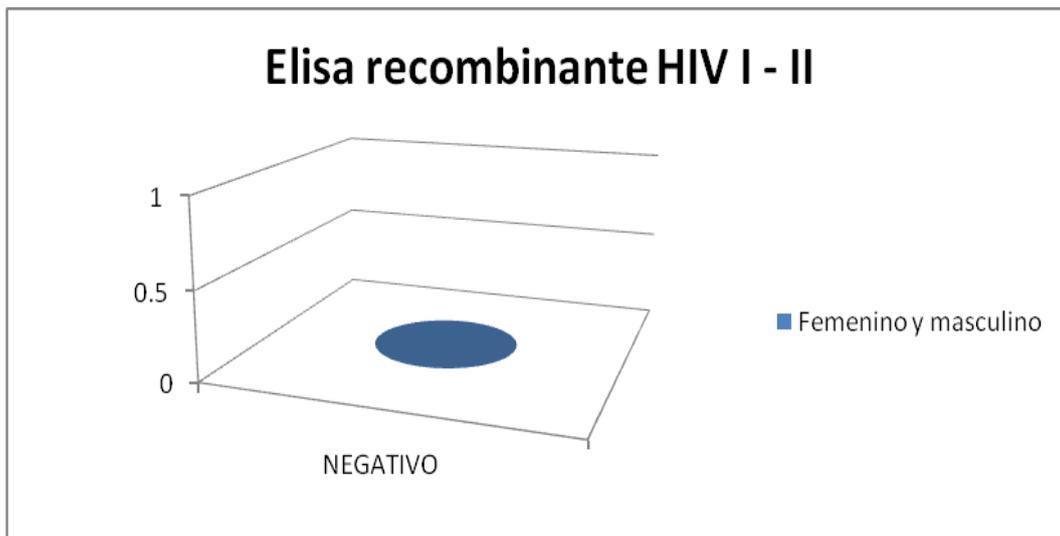
Fuente: Elaboración Propia

#### 7.5.5 Prueba de Elisa Recombinante (VIH).

Las pruebas para detección de anticuerpos contra el VIH se dividen en: pruebas de tamizaje o presuntivas, las cuales poseen una alta sensibilidad y buena especificidad, y las pruebas confirmatorias, cuya característica es la alta especificidad. En este caso, se ha aplicado la Prueba de Elisa la cual viene a ser una prueba de tamizaje o presuntiva.

Los análisis realizados de Pruebas de Elisa Recombinante han dado resultados negativos; al igual que en las pruebas para descarte de ETS se ha realizado el muestreo solo a las personas que aceptaron de manera expresa someterse a este análisis.

**Figura Nº 27 – Resultado de la prueba de Elisa Recombinante**



Fuente: Elaboración Propia

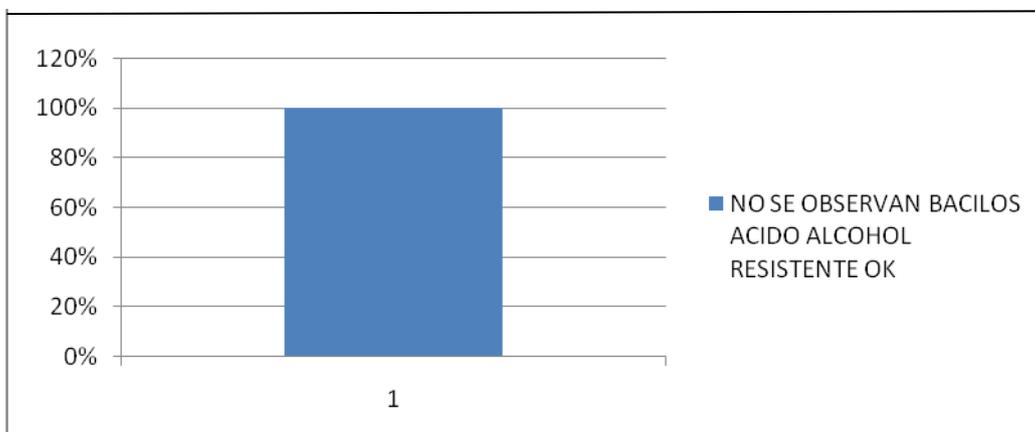
#### 7.5.6 Prueba BK en esputo.

La prueba realizada esta basada en la determinación de bacilos ácido alcohol resistentes. La visión microscópica de los bacilos ácido-alcohol resistentes (BAAR) y el cultivo en medio Löwenstein-Jensen siguen siendo el *gold standar* del diagnóstico de la TBC, especialmente en países con bajos recursos sanitarios.

La microscopía de BAAR es rápida y un método muy eficiente para detectar pacientes contagiosos. El uso de cultivo en la TBC se realiza cuando hay poca carga bacteriana (mayor sensibilidad), para la identificación de la cepa y para el estudio de sensibilidades a los distintos

Al igual que en los casos anteriores, la prueba para BK dio resultados negativos en la población muestreada. La ingesta de alimentos ricos en proteínas, minerales y vitaminas posibilitan una salud adecuada evitando con ello la presencia del Bacilo de Koch entre los integrantes de APAYLOM.

**Figura Nº 28 – Resultados de Pruebas para BK**



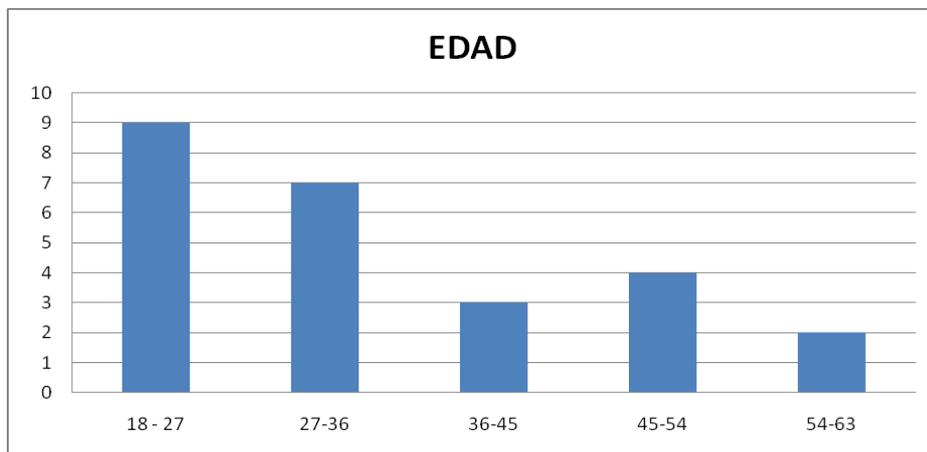
Fuente: Elaboración Propia

## 7.6 Aplicación de Encuesta de Hábitos Personales

### 7.6.1 Información General

Tal y como se ha señalado, se ha estratificado la muestra en función de las actividades que cada uno de los muestreados desarrollan; sin embargo, a continuación y en base a una encuesta aplicada, consignada en el anexo N° 04, se han podido detectar algunas de las principales características de la población en APAYLÓM, estas se muestran en las figuras siguientes.

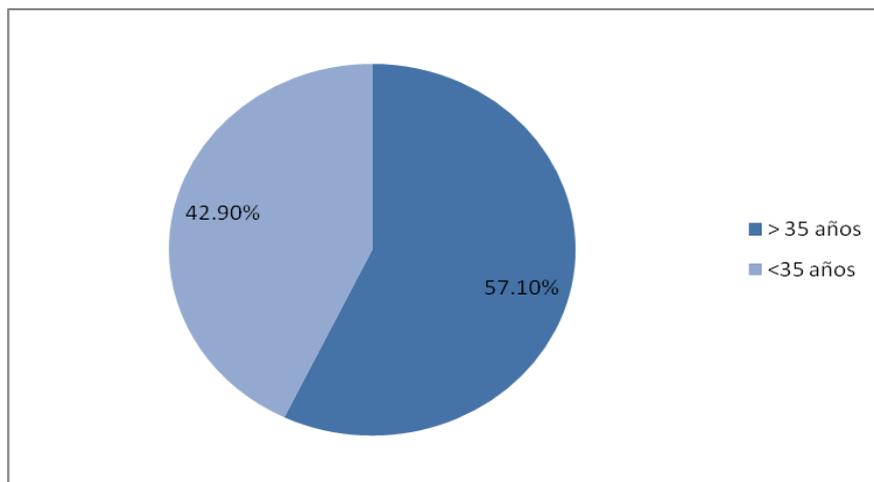
**Figura N° 29 – Agrupación por edad de la población muestra**



Fuente: Elaboración Propia

La distribución etaria de la Población muestreada y segmentada por el tipo de actividades que desarrollan se muestran en las figuras siguientes:

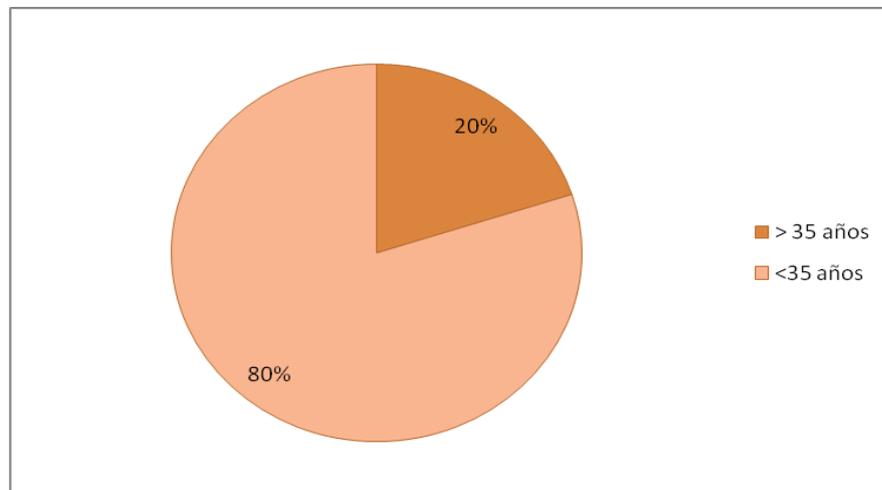
**Figura N° 30 – Características etarias de los socios de APAYLÓM**



Fuente: Elaboración Propia

Los socios de APAYLOM son en su mayoría personas mayores a 35 años lo que les confiere mayor estabilidad en la toma de decisiones sobre las actividades que cotidianamente realizan, incluidas dentro de estas las operaciones de extracción de oro.

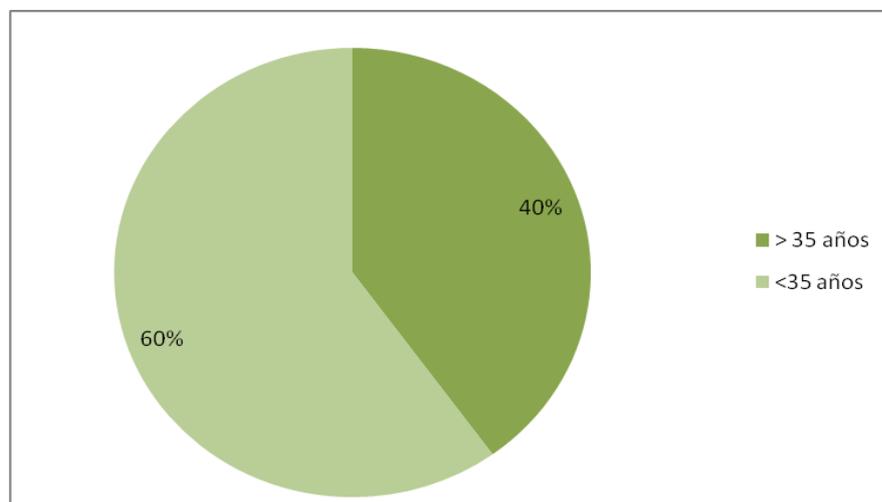
**Figura N° 31 – Características etarias de los trabajadores de APAYLOM**



Fuente: Elaboración Propia

Solo el 20 % de los trabajadores superan los 35 años y el 80 % de los mismos son personas con menos de 35 años; esto se puede apreciar también entre las personas que realizan actividades conexas (comerciantes, cocinera, etc.).

**Figura N° 32 – Características etarias de otros participantes de APAYLOM**

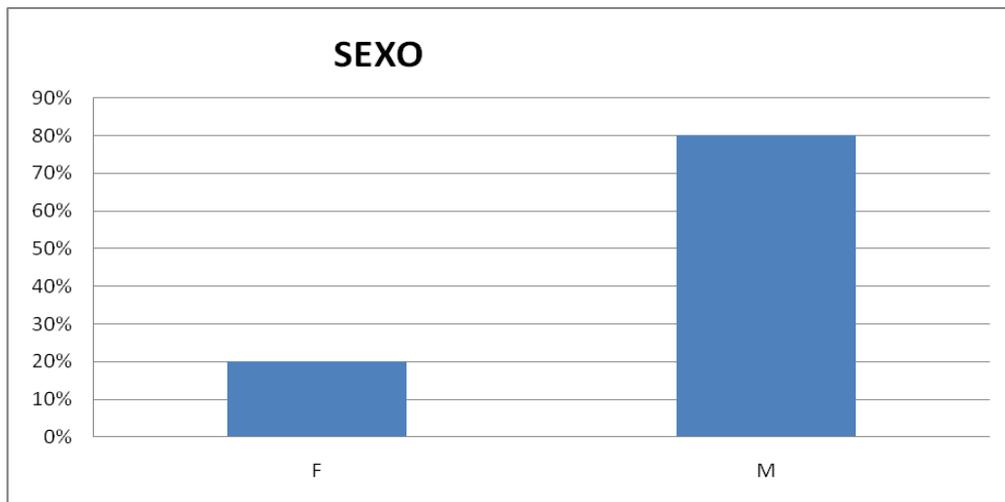


Fuente: Elaboración Propia

A partir de este análisis podríamos señalar que la población de trabajadores y otros en APAYLOM es fundamentalmente jóvenes que al no encontrar oportunidades de trabajo en otros sectores se insertan en las labores de la minería informal, no se ha podido observar en el Sector A6, problemas de prostitución o explotación infantil, por lo menos no en el Campamento Yarinal o en sus proximidades. Aunque se debe mencionar que el trabajador más joven muestreado cuenta con 18 años y manifestó tener más de 5 años en las labores de extracción artesanal de oro.

La mayor población en APAYLOM esta constituida por varones más del 80% y solo cerca del 20% son mujeres. Esto queda graficado en la Figura N°33.

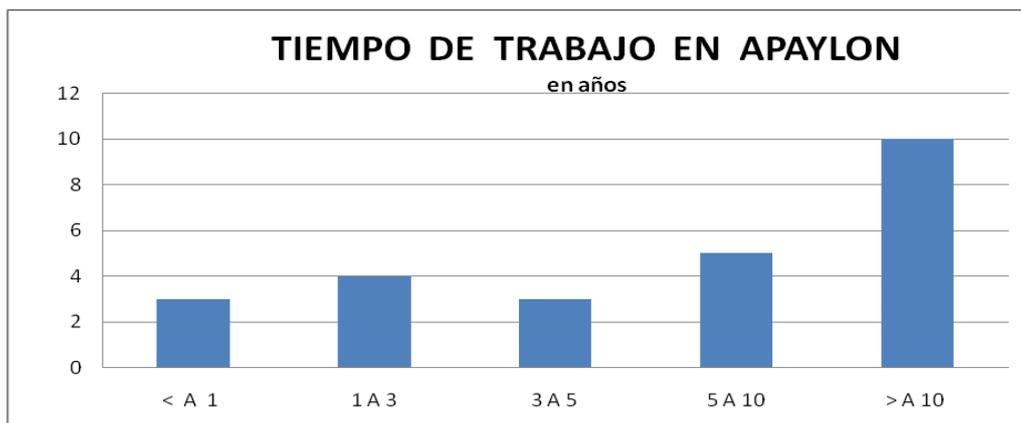
**Figura N° 33 – Agrupación por sexo de la población muestra**



Fuente: Elaboración Propia

El 37% de la población mostrada tiene más de 10 años de labores en APAYLOM, el 18.5% tiene entre 5 y 10 años, el resto tiene menos de 5 años en estas actividades.

**Figura N° 34 – Tiempo de trabajo en APAYLOM**

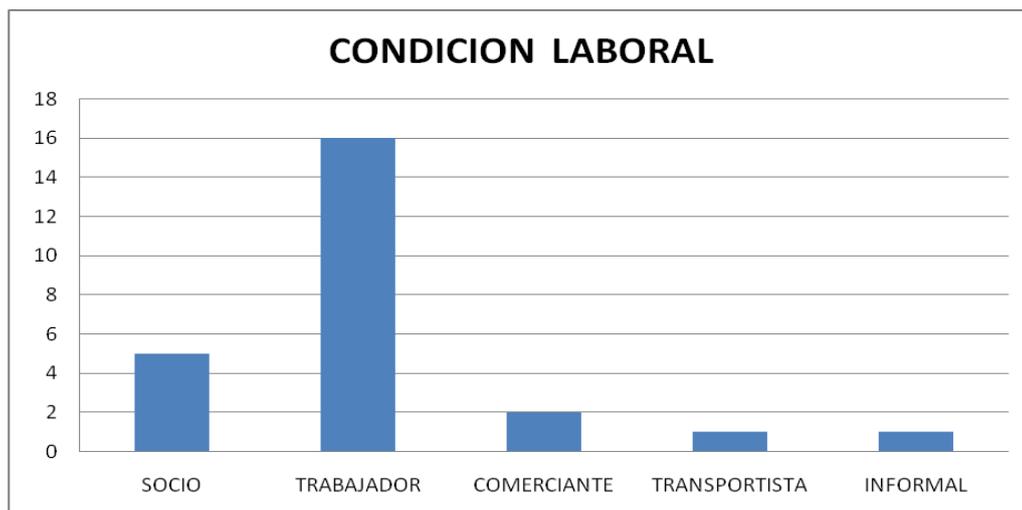


Fuente: Elaboración Propia

### 7.6.2 Información Laboral

El mayor número de personas en las actividades de APAYLOM son trabajadores, esto como ya se ha señalado y justificado se ve reflejado en la determinación de la muestra. Es importante señalar sin embargo, que las actividades más riesgosas como es la separación del oro del mercurio, son realizadas tanto por trabajadores como por los socios de APAYLOM. La condición de los componentes de la población muestra y las actividades que se desarrollan en la zona son mostradas en las figuras siguientes:

**Figura Nº 35 – Condición laboral de la población muestra**



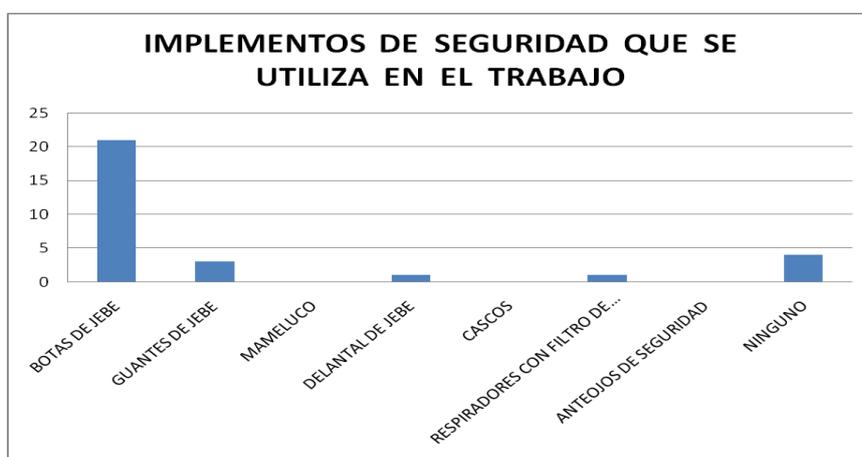
Fuente: Elaboración Propia

**Figura Nº 36 – Tipo de labor que realiza cada muestreado**



Fuente: Elaboración Propia

**Figura Nº 37 – Implementos de seguridad**



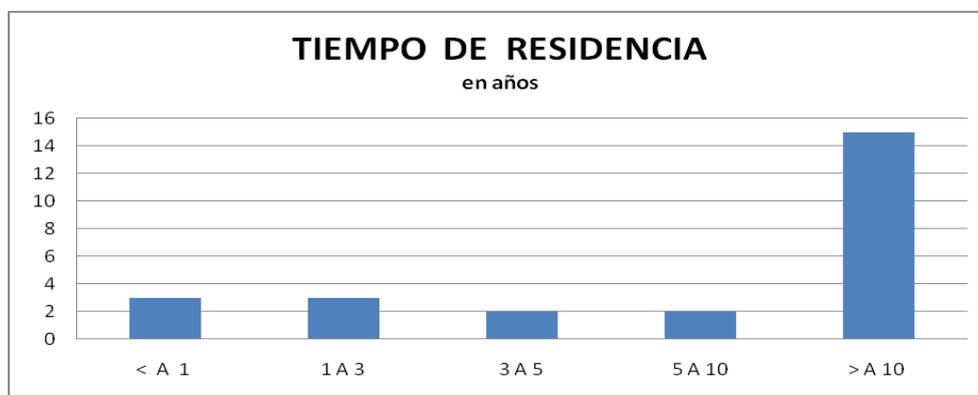
Fuente: Elaboración Propia

En las actividades de APAYLON no se considera el uso de implementos de seguridad, solo se utilizan las botas de jebe, dejando de lado guantes y mascarillas protectoras, así como mamelucos o casacas de protección.

### 7.6.3 Información de Vida y Alimentación

Casi todos los relacionados a APAYLON han llegado a la zona casi al mismo tiempo que empezaron con sus actividades en la extracción artesanal de oro, son muy pocos los que vivían en la zona cuando la actividad señalada empezó.

**Figura N° 38 – Tiempo de residencia en la zona**



Fuente: Elaboración Propia

El 51.85% de la población encuestada mencionó haber presentado enfermedades durante su permanencia en la zona, el tipo de enfermedades se muestra en la figura N° 40.

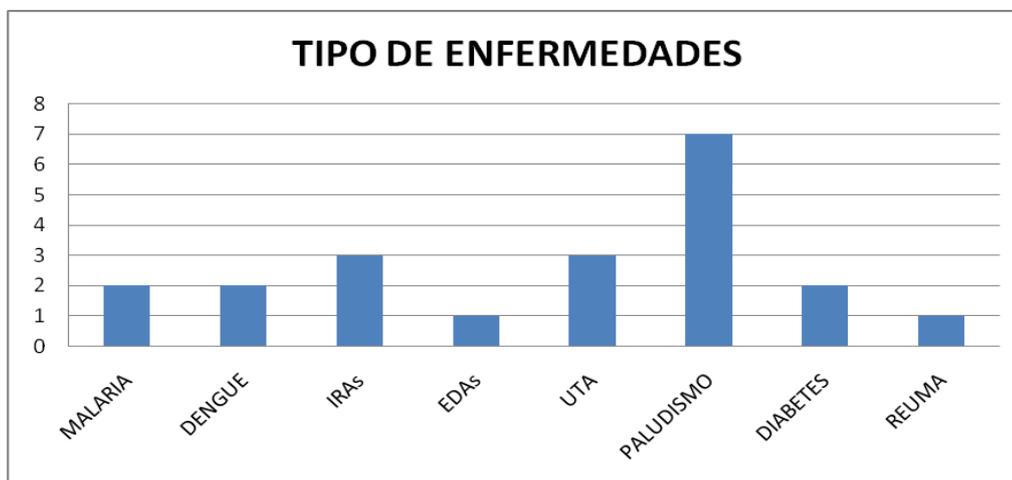
**Figura N° 39 – Registro de Enfermedades**



Fuente: Elaboración Propia

De todas las enfermedades manifestadas el paludismo, enfermedad propia de la zona, es la que en mayor porcentaje aparece, seguido por enfermedades infecciosas respiratorias agudas, casi en ese mismo porcentaje se tienen problemas de Leshmaniasis (UTA).

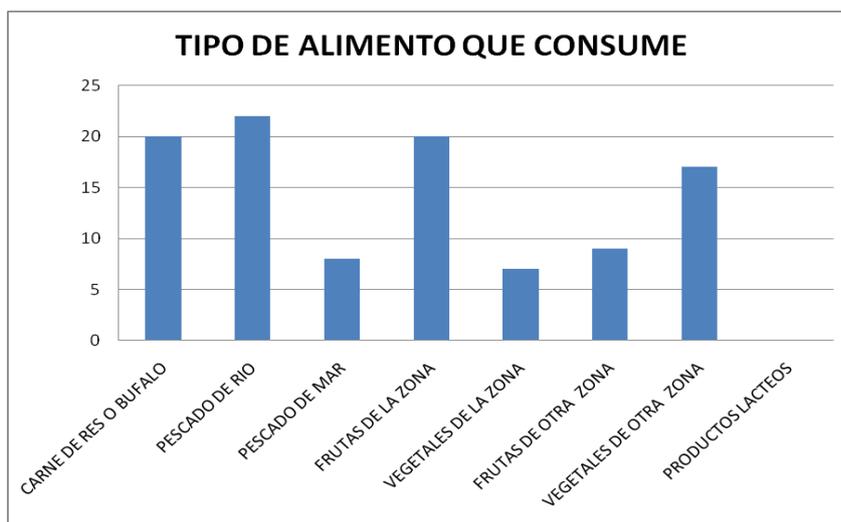
**Figura Nº 40 – Tipo de Enfermedades manifestadas**



Fuente: Elaboración Propia

Una de las enfermedades a las que se tendría que seguir con detenimiento es el de la diabetes, ello debido a que las dos personas que presentan esta enfermedad presentan también concentraciones altas de mercurio, lo que podría estar generando alguna relación entre la capacidad de eliminar el mercurio y la presencia de la enfermedad.

**Figura Nº 41 – Alimentos que se consumen**

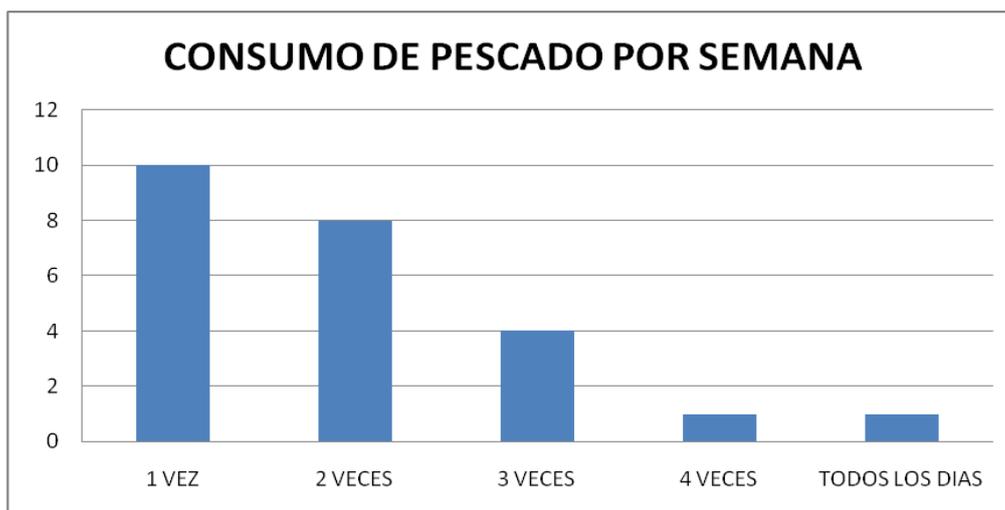


Fuente: Elaboración Propia

En el año 2004, el Comité Mixto FAO / OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) estableció una ingesta tolerable para el metilmercurio de 1,6 mg/kg de peso corporal por semana con el fin de proteger al feto en desarrollo de efectos neurotóxicos. En el año 2006, el JECFA aclaró que etapas de la vida que no sea el embrión y el feto pueden ser

menos sensibles a los efectos adversos de metilmercurio. Para los adultos, hasta aproximadamente el doble de la ingesta tolerable por semana no supone ningún riesgo de neurotoxicidad. Sin embargo los datos disponibles no permiten establecer conclusiones firmes respecto a los niños (hasta 17 años), ya que pueden ser más sensibles que los adultos. Por lo tanto, la ingesta tolerable establecida en el 2004 se aplica también a los niños.

**Figura Nº 42 – Frecuencia de Consumo de Pescado**



Fuente: Elaboración Propia

**Cuadro Nº 29 – Límites del consumo de pescado fijado por la US EPA para el metilmercurio.**

Número máximo de comidas de pescado por mes	Concentraciones en el tejido de pez (ppm = mg/kg de peso húmedo)
16	> 0,03–0,06
12	> 0,06–0,08
8	> 0,08–0,12
4	> 0,12–0,24
3	> 0,24–0,32
2	> 0,32–0,48
1	> 0,48–0,97
0,5	> 0,97–1,9
Ninguna (<0,5)*	> 1,9

Fuente: US EPA, 2001b

\* Ninguna = Se recomienda no hacer ningún consumo.

> significa “más de” (por ejemplo, “> 0,06–0,08” significa: “más de 0,06 a 0,08”)

Es necesario realizar mayor estudio sobre la relación existente entre la ingesta de pescado y la concentración de mercurio en la población muestreada, ello debido a que los análisis relacionan estas dos variables aún con mayor fuerza que la existente entre la concentración de mercurio en la población muestra y sus actividades de extracción artesanal.

## **7.7 Conclusiones de los resultados obtenidos**

Los análisis de sangre y cabello realizados muestran que cerca del 30 % de la población muestra ha superado los valores de referencia, dos de los casos observados deberían ser de mayor cuidado debido a que tienen valores que superan hasta en 3 veces los valores de referencia debiéndose realizar un control más estricto con la salud de estas dos personas.

Los resultados obtenidos muestran una relación interesante entre las variables comparadas (concentración de Mercurio, tiempo de labor en APAYLOM, edad, tipo de alimentación, etc); sin embargo, es necesario realizar mayores estudios para confirmar esta relación.

Se ha podido observar una relación marcada entre las concentraciones altas de mercurio en sangre y en cabello y el tipo de alimentación de las personas que muestran estos niveles altos de presencia de Hg, en todos estos casos el consumo de pescado de río es de más de tres veces por semana.

Es necesario ampliar las investigaciones para confirmar si algunas enfermedades (como la diabetes) influyen en la retención de mayores cantidades de mercurio en el organismo, esto considerando que dos de las personas con mayores niveles de mercurio son diabéticas.

En el presente estudio se han consignado niveles de tolerancia en el organismo humano; sin embargo, es preciso enfatizar que la Organización Mundial de la Salud, OMS, ha advertido que, en cuanto a los tóxicos de elementos xenobióticos, como el Hg, ya no existe un umbral de seguridad. El nivel de toxicidad en los seres humanos y otros organismos varía según la forma química, la cantidad, la vía de exposición y la vulnerabilidad de la persona expuesta.

## **8 Conclusiones del estudio**

### **8.1 Del estudio ambiental**

Los resultados obtenidos de los análisis ambientales obtenidos muestran que el impacto negativo de las operaciones mineras de la extracción artesanal de oro que se desarrollan sobre la margen izquierda, en el Sector A6 – APAYLOM del Rio Malinowski son de magnitud media, de durabilidad temporal y que viene siendo absorbido, en este nivel, por la propia naturaleza y esta siendo mitigado por el esfuerzo de entidades no gubernamentales como AIDER y Cáritas Madre de Dios.

Las acciones de las entidades señaladas ha permitido generar conciencia ambiental en los Asociados logrando que en la mayoría de casos las operaciones que se realizan en el lecho del rio incorporen alternativas que permitan la recuperación del mercurio utilizado en la amalgamación del oro, impidiendo que este llegue a los sedimentos, principal precursor de metilmercurio por los microorganismos existentes en ellos.

Los análisis muestran valores que se hallan dentro de los estándares de calidad para agua, aire, suelo y sedimentos, así como para ruido, con excepción de las zonas en que se hallan ubicadas las motonaves (balsa gringo, carancheras, etc.) donde los niveles de ruido alcanzan niveles comparadas con la producida por la mediana industria.

Se ha detectado la acción de un socio a unas 3 horas aguas abajo del Campamento Yarinal hacia la desembocadura del Malinowski en el Tambopata, que genera alteración en el suelo, flora y fauna que podría ser de tipo irreversible.

### **8.2 Del estudio de Salud Ocupacional**

Los análisis de sangre y cabello realizados muestran que cerca del 30 % de la población muestra, ha superado los valores de referencia, dos de los casos observados deberían ser de mayor cuidado debido a que tienen valores que superan hasta en 3 veces los valores de referencia debiéndose realizar un control más estricto con la salud de estas dos personas.

El estudio no ha permitido establecer que tipo de operación de las realizadas en la extracción de oro genera mayor concentración de mercurio en el organismo de la población muestra, existe una clara evidencia de que la mayor concentración de mercurio se presenta a partir de la ingesta de alimentos contaminados con mercurio orgánico (metil o alquil mercurio).

Se puede confirmar por lo señalado en el párrafo anterior, que es el metil mercurio generado el que se mantiene en el organismo humano debido a su capacidad liposoluble, el mercurio inorgánico es más fácil de ser removido y eliminado por el mismo organismo, en este caso la forma más propicia para ingresar al organismo humano y permanecer en el es a partir de vapores inhalados.

No se han reportado hasta el momento problemas de salud de tipo irreversible como los señalados en el reporte de experiencias consignadas en el presente estudio, es posible que en los próximos años, si se continúa con estas actividades, los involucrados empiecen a mostrar los efectos de las altas concentraciones de mercurio en sus organismos.

El Estudio no ha logrado relacionar las enfermedades manifestadas en los miembros de APAYLOM con las actividades propias de las labores artesanales de la extracción de oro, de manera específica, las enfermedades manifestadas son enfermedades propias de la zona.

## **9 Recomendaciones**

Sería recomendable establecer un Programa de Monitoreo de los diferentes componentes ambientales de la Zona del Estudio con el fin de establecer acciones de mitigación si se observan cambios en los parámetros monitoreados.

Se debe generar mecanismos de control que impidan el desarrollo de acciones como las generadas por el socio en el sector aguas abajo del Campamento Yarinal, ya descrito.

Se sugiere continuar con la búsqueda de alternativas que permitan reducir, o en el mejor de los casos eliminar, el uso de mercurio en las operaciones de extracción artesanal de oro.

No debería aceptarse el incremento en el nivel de explotación de oro, toda vez que cualquier incremento en el nivel de extracción podría alterar los componentes bióticos y abióticos de manera irreversible.

Se debe recomendar a los asociados asegurar el manejo de aceites e hidrocarburos en las motonaves, por que como se ha podido apreciar este manejo se realiza sin el cuidado correspondiente.

Se sugiere ampliar las investigaciones para confirmar si algunas enfermedades (como la diabetes) influyen en la retención de mayores cantidades de mercurio en el organismo, esto considerando que dos de las personas con mayores niveles de mercurio son diabéticas.

Se sugiere monitorear a madres gestantes que se hallen en la zona para establecer dietas propicias que impidan la ingesta de productos alimenticios (pescado) y que el mercurio ingerido sea depositado en los fetos generando con ello problemas de distinta índole en el futuro.

Se sugiere hacer un seguimiento más exhaustivo con la población, con el fin de establecer si la manifestación de las infecciones respiratorias agudas prevalentes, tienen relación con la inhalación de vapores de mercurio.

Se recomienda el uso de implementos de seguridad en el desarrollo de las actividades de extracción, se sugiere para ello la confección de cartillas básicas de instrucción que generen conciencia entre los trabajadores y asociados y permitan el uso generalizado y voluntario de estos implementos.

## 10 Bibliografía

### A

- 01.- Adriano, D.C., 2001. Mercury. En: Trace Elements in the Terrestrial Environment. 2nd Edition. Springer, New York, EEUU, pp. 411-458.
- 02.- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological Profile for Mercury. US Department of Health and Human Services, Public Health Service, ATSDR, Atlanta, GA 1999. Disponible en URL: [www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp46.html](http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp46.html) [Consultado 3 Octubre 2009]
- 03.- Al-Mufti A, Copplestone J, Kazanitzis G. Epidemiology of organomercury poisoning in Iraq: I. Incidence in a defined area and relationship to the eating of contaminated bread. Bull World Health Organ 1976;53 (suppl):23-36.
- 04.- Álvarez, J. y Otros. Minería Aurífera en Madre de Dios y Contaminación con Mercurio. IIAP – MINAM. Lima – Perú. 2011.
- 05.- ATSDR. División de Toxicología ToxFAQs™. MERCURIO. CAS # 7439-97-6.

### B

- 06.- Bakir F, Rustam H, Tikriti S, Al-Damluji SF, Shiristani H. Clinical and epidemiological aspects of methylmercury poisoning. Postgrad Med J 1980;56:1-10.
- 07.- Boffeta P, Sallsten G, Garcia-Gomez M, Pompe-Kim V, Zaridze D, Bulbulyan M, et al. Mortality from cardiovascular diseases and exposure to inorganic mercury. Occupational and Environmental Medicine 2001;58:461-6.

### C

- 08.- Carta P, Flore C, Alinovi AI, Toccol M.G., Arul G, Carta R, et al. Sub-Clinical Neurobehavioral Abnormalities Associated with Low Level of Mercury Exposure through Fish Consumption. Neurotoxicology 2003;24:617-23.
- 09.- Castoldi AF, Johansson C, Onishchenko N, Coccini T, Roda E, Vahter M, et al. Human developmental neurotoxicity of methylmercury: impact of variables and risk modifiers. Regul Toxicol Pharmacol 2008;51(2):201-14.
- 10.- Castoldi AF, Coccini T, Ceccatelli S, Manzo L. Neurotoxicity and molecular effects of methylmercury. Brain Res Bull 2001;55(2):197- 203.
- 11.- Castoldi AF, Barni S, Turin I, Gandini C, Manzo L. Early Acute Necrosis, Delayed Apoptosis and Cytoskeletal Breakdown in Cultured Cerebellar Granule Neurons Exposed to Methylmercury. J Neurosci Res 2000;59:775-87.

- 12.- Chang J.W., Pai MC, Chen HL, Guo HR, Su HJ, Lee CC. Cognitive function and blood methylmercury in adults living near a deserted chloralkali factory. *Environ Res* 2008;108:334-9.
- 13.- Chan HM, Egeland GM. Fish Consumption, Mercury Exposure, and Heart Diseases . *Nutrition Reviews* 2004;62(2):68-72.
- 14.- Choi AL, Cordier S, Weihe P, Grandjean P. Negative confounding in the evaluation of toxicity: the case of methylmercury in fish and seafood. *Crit Rev Toxicol* 2008;38(10):877-93.
- 15.- Clarkson TW, Vyas JB, Ballatori N. Mechanisms of Mercury Disposition in the Body. *Am J Ind Med* 2007;50:757-64.
- 16.- Convenio GOREMAD – IIAP. Propuesta de Zonificación Ecológica y Económica del Departamento de Madre de Dios. Perú.
- 17.- Counter SA, Buchanan LH. Mercury exposure in children: a review. *Toxicol Appl Pharmacol* 2004; 198:209-30.

## D

- 18.- Debes F, Budtz-Jorgensen E, Weihe P, White RF, Grandjean P. Impact of prenatal methylmercury exposure on neurobehavioral function at age 14 years. *Neurotoxicol Teratol* 2006;28(5):536-47.

## E

- 19.- Efskind J, Ellingsen DG, Hartman A, Thomassen Y, Ulvik RJ, Gaarder PI, et al. Renal function of chloralkali workers after the cessation of exposure to mercury vapor. *Scand J Work Environ Health* 2006; 32:241- 9.
- 20.- Ellingsen DG, Bast-Pettersen R, Efskind J, Thomassen Y. Neuropsychological effects of low mercury vapor exposure in chloralkali workers. *Neurotoxicology* 2001; 22:249-58.
- 21.- Ellingsen DG, Efskind J, Haug E, Thomassen Y, Martinsen I, Gaarder PI. Effects of low mercury vapour exposure on the thyroid function in chloralkali workers. *J Appl Toxicol* 2000; 20(6):483-9.
- 22.- Estudio de Salud. Niveles de exposición ambiental, ocupacional y estado de salud de los niños de la comunidad minera artesanal de oro. Santa Filomena. OIT. 2001. Ayacucho – Perú.

## F

- 23.- Fillion M, Mergler D, Sousa Passos CJ, Larribe F, Lemire M, Guimaraes JR. A preliminary study of mercury exposure and blood pressure in the Brazilian Amazon. *Environ Health* 2006;29(5).

- 24.- Fernández, L., Desarrollo territorial en Madre de Dios. Los impactos socio ambientales de la carretera Interoceánica Sur.
- 25.- Fernández, R. y otros. Análisis de Parámetros Edáficos en Almadenejos. Comportamiento del Mercurio en el Sistema Suelo-Planta. Madrid – España. Enero, 2010.
- 26.- Ferrer, A., 2003. Intoxicación por metales. ANALES Sis San Navarra 2003; 26 (Supl. 1): 141-153.

## G

- 27.- González, C., La explotación artesanal de oro en la Península de Osa. Costa Rica.
- 28.- Gochfeld, M., 2003. Cases of mercury exposure, bioavailability, and absorption. Toxicology and Environmental Safety 56, 174-179.
- 29.- Grandjean P, Weihe P, White RF, Debes F, Araki S, Yokoyama K, et al. Cognitive deficit in 7-year-old children with prenatal exposure to methylmercury. Neurotoxicol Teratol 1997;19(6):417-28.
- 30.- Grandjean P, Budtz-Jorgensen E, Keiding N, Weihe P. Underestimation of risk due to exposure misclassification. Int J Occup Med Environ Health 2004;17(1):131-6.
- 31.- Guallar E, Sanz-Gallardo I, Van't Veer P, Bode P, Aro A, Gómez- Aracena J, et al. Mercury, fish oils and the risk of myocardial infarction. N Engl J Med 2002;347: 1747-54.

## H

- 32.- Harada M. Minamata disease: methylmercury poisoning in Japan caused by environmental pollution. CRC Crit Rev Toxicol 1995;25:1-24.
- 33.- Houston MC. The Role of Mercury and Cadmium Heavy Metals in Vascular Disease, Hypertension, Coronary Heart Disease and Myocardial Infarction. Altern Ther Health Med 2007; 13(2):128-33.

## J

- 34.- JECFA (2004) Methylmercury. In: Safety evaluation of certain food additives and contaminants. Report of the 61st Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety. WHO Technical Report Series 922 pp 132-139.
- 35.- JECFA (2006) Methylmercury. Summary and conclusions of the 67th Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety. WHO Technical Report Series 940 (in press).

## K

- 36.- Kjellström T, Kennedy P, Wallis S, Mantell C. Physical and mental development of children with prenatal exposure to mercury from fish: stage 1. Preliminary test at age 4. Swed Environ Board Rep 1986;3642.
- 37.- Kjellström T, Kennedy P, Wallis S, Stewart A, Friberg L, Lind B, et al. Physical and mental development of children with prenatal exposure to mercury from fish: stage 2. Interviews and psychological tests at age 6. Natl Swed Environ Board Rep 1989;3642.

## L

- 38.- Letz R, Gerr F, Cragle D, Green C, Watkins J, Fidler AT. Residual Neurologic Deficits 30 Years after Occupational Exposure to Elemental Mercury. *Neurotoxicology* 2000;21:459-74.
- 39.- Lolanda Vendrell Monell. Evaluación y desarrollo de modelos in vitro para la predicción de neurotoxicidad. Aproximación proteómica a la neurotoxicidad inducida por metilmercurio 2006.
- 40.- Lominchar, M. A. Estudio del Comportamiento y Distribución del Mercurio Presente en Muestras de Suelo Recogidas en la Ribera del Río Valdeazogues. Madrid – España. Octubre, 2010.

## M

- 41.- MEM. Evaluación Ambiental Territorial Cuenca Madre de Dios. Ministerio de Energía y Minas. 1997. Perú.
- 42.- Mergler D, Anderson HA, Chan LH, Mahaffey KR, Murray M, Sakamoto M, et al. Methylmercury exposure and health effects in humans: a worldwide concern. *Ambio* 2007; 36(1):3-11.
- 43.- MINAM. Estudio Línea Base Ambiental de la Cuenca del Río Madre de Dios. Ministerio del Ambiente. Agosto 2010. Perú.
- 44.- Minería, Minerales y Desarrollo Sustentable. El Informe del Proyecto MMSD. Mining, Minerals and Sustainable Development (MMSD) Project, Publicado por Earthscan para el IIED y el WBCSD. 2002.
- 45.- Mosquera, C., et al. Estudio Diagnóstico de la Actividad Minera Artesanal en Madre de Dios. Abril 2009. Fundación Conservación Internacional. Perú.
- 46.- Myers GJ, Davidson PW, Cox C, Shamlaye CF, Palumbo D, Cernichiari E, et al. Prenatal methylmercury exposure from ocean fish consumption in the Seychelles child development study. *Lancet* 2003;361:1686-92.

## P

- 47.- Pachas, V. "Los mineros artesanales de oro del Perú: análisis antropológico sobre una economía andina". Tesis de Maestría. 2010. Lima – Perú.
- 48.- Pachas, V. Minería artesanal y en pequeña escala de oro y sus conflictos socio-ambientales en el Perú. 2009.
- 49.- Passos CJS, Mergler D. Human mercury exposure and adverse health effects in the Amazon: a review . *Cad Saúde Pública*, Rio de Janeiro 2008;24(4):503-20.
- 50.- Peraza MA, yala-Fierro F, Barber DS, Casarez E, Rael LT. Effects of micronutrients on metal toxicity. *Environ Health Perspect* 1998;106 Suppl 1:203-16.

## Q

- 51.- Quiroga, Irma. Contaminación ambiental por mercurio de los Ríos Chairo y Huarinilla en el Parque Nacional y área natural de manejo integrado Cotapata. *Revista Boliviana de Química*. Volumen 14, N° 1, 1997.

## R

- 52.- RODRIGO, F. Diagnóstico de las Operaciones Mineras en APAYLOM. AIDER. Puerto Maldonado - Perú, 2011.

## S

- 53.- Salonen JT, Seppanen K, Nyssonen K, Korpela H, Kauhanen J, Kantola M. Intake of mercury from fish, lipid peroxidation, and the risk of myocardial infarction and coronary, cardiovascular, and any death in eastern Finnish men. *Circulation* 1995;91:645-55.
- 54.- Salonen JT, Seppanen K, Lakka TA, Salonen R, Kaplan GA. Mercury accumulation and accelerated progression of carotid atherosclerosis: a population-based prospective 4-year follow-up study in men in Eastern Finland. *Atherosclerosis* 2000;148:265-73.
- 55.- Shim SM, Ferruzzi MG, Kim YC, Janle EM, Sangerre CR. Impact of phytochemical-rich foods on bioaccessibility of mercury from fish. *Food Chem* 2009;112:46-50.
- 56.- Simmons-Willis TA, Koh AS, Clarkson TW, Ballatori N. Transport of a neurotoxicant by molecular mimicry: the methylmercury-L-cysteine complex is a substrate for human L-type large neutral amino acid transporter (LAT) 1 and LAT2. *Biochem J* 2002;367(1):239-46.

## T

- 57.- Trasande L, Landrigan PJ, Schechter C. Public Health and Economic Consequences of Methyl Mercury Toxicity to the Developing Brain. *Environ Health Perspect* 2005;113:590-6.
- 58.- Trasobares, E. Plomo Mercurio en Mangre en una Población Laboral Hospitalaria y su relación con factores de exposición. Facultad de Farmacia. Universidad Complutense de Madrid. Madrid, 2010.

## U

- 59.- U.N. International Guidelines on Mercury Management in Artisanal and Small-Scale Gold Mining. UNIDO. Junio 2008. Suiza.
- 60.- United States Environmental Protection Agency. EPA's Roadmap for Mercury. EPA 2006 Jul. Disponible en URL: <http://www.epa.gov/mercury/pdfs/FINAL-Mercury-Roadmap-6-29.pdf> [Consultado 3 Octubre 2009]
- 61.- United Nations Environment Programme (UNEP). Global Mercury Assessment. UNEP Chemicals Mercury Programme 2002. Disponible en URL: <http://www.chem.unep.ch/mercury/Report/GMAreport-TOC.htm> [Consultado 3 Octubre 2009]

## V

- 62.- Vázquez, C., Especiación de Mercurio en el Medio Ambiente. Isagogé. 2008.
- 63.- Virtanen JK, Rissanen TH, Voutilainen S, Tuomainen TP. Mercury as a risk factor for cardiovascular diseases. *J Nutr Biochem* 2007;18:75-85.

## W

- 64.- Weil M, Bressler J, Parsons P, Bolla K, Glass T, Schwartz B. Blood Mercury Levels and Neurobehavioral Function. *JAMA* 2005;293(15):1875-82.
- 65.- WHO, UNEP. Guidance for identifying populations at risk from mercury exposure. WHO 2008 Aug. Disponible en URL:  
<http://www.chem.unep.ch/mercury/IdentifyingPopnatRiskExposuretoMercuryFinalAugust08.pdf>  
[Consultado 3 Octubre 2009]
- 66.-WHO/ICPS. Elemental mercury and inorganic mercury compounds. 2002. Concise International Chemical Assessment Document N°50. Disponible en URL: <http://www.inchem.org/documents/cicads/cicads/cicad50.htm> [Consultado 3 Octubre 2009]

## Y

67.- Yoshizawa K, Rimm EB, Morris JS, Spate VL, Hsieh CC, Spiegelman D. Mercury and the risk of coronary heart disease in men. N Engl J Med 2002;347:1755-60.

## SITIOS WEB CONSULTADOS

<http://www.epa.gov/mercury/effects.htm>

[http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/dermatologia/v10\\_sup1/pruebas\\_lab.htm](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/dermatologia/v10_sup1/pruebas_lab.htm)

[http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO\\_TRS\\_922.pdf](http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO_TRS_922.pdf)

[www.who.int/ipcs/food/jecfa/summaries/summary67.pdf](http://www.who.int/ipcs/food/jecfa/summaries/summary67.pdf)

## 11 Galería Fotográfica

**Figura N° 43 – Balsa Gringo - Yarinal**



Fuente: Imagen obtenida en campo

**Figura N° 44 – Trabajador con su familia – Campamento Yarinal**



Fuente: Imagen obtenida en campo

**Figura N° 45 – Toma de encuesta – Campamento Yarinal**



Fuente: Imagen obtenida en campo

**Figura N° 46 – Motor de balsa gringo – Aguas arriba de Campamento Yarinal**



Fuente: Imagen obtenida en campo

**Figura N° 47 – Actividad Artesanal que causa Gran Impacto Ambiental y de Alto riesgo para el personal – Desestabilización de suelo y taludes - Aguas abajo de Campamento Yarinal**



Fuente: Imagen obtenida en campo

**Figura N° 48 – Tanque de Lavado de arenas con mercurio y Pozo para confinamiento del material residual tratado con Mercurio**



Fuente: Imagen obtenida en campo

## **12 Anexos**

ANEXO 01.- PLANOS DE UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

ANEXO 02.- DENUNCIOS MINEROS Y SITUACION ACTUAL.

ANEXO 03.- VIAS DE COMUNICACIÓN

ANEXO 04.- ENCUESTA APLICADA.



Asociación para la Investigación y el Desarrollo Integral

**ESTUDIO DE LOS NIVELES DE CONTAMINACIÓN  
AMBIENTAL Y DE SALUD OCUPACIONAL EN EL  
SECTOR A6 DEL RÍO MALINOWSKI – ASOCIACIÓN  
DE PRODUCTORES AGRARIOS Y LAVADORES DE  
ORO DE MALINOWSKI (APAYLOM)**

**DOCUMENTO FINAL**

**LIMA, AGOSTO 2011**

**ECOSOLUTION SAC**