



Gobierno Regional
Madre de Dios



CONVENIO DE COOPERACIÓN ENTRE EL GOBIERNO REGIONAL DE MADRE DE DIOS
Y EL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE LA AMAZONIA PERUANA



ZONIFICACIÓN ECOLÓGICA Y ECONÓMICA DEL DEPARTAMENTO DE MADRE DE DIOS

HIDROGRAFÍA

José Maco García



CONTENIDO

PRESENTACIÓN	3
RESUMEN	4
I. OBJETIVOS.....	5
II. MATERIALES Y MÉTODOS	5
2.1. MATERIALES.....	5
2.2. MÉTODOS	6
III. HIDROGRAFÍA DE LA PROVINCIA DE TAHUAMANU.....	10
3.1. Descripción de la cuenca e hidrología.....	10
3.2. Cuenca del Río Madeira	12
3.3. Cuenca del Río Purús.....	19
3.4. Quebradas.....	20
3.5. Régimen Hidrológico	22
3.6. Navegabilidad de los Principales Ríos y Quebradas	23
IV. FÍSICA Y QUÍMICA DEL AGUA.....	24
4.1. Tipificación de los cuerpos de agua	24
4.2. Calidad del agua	31
V. PROBLEMÁTICA DEL RECURSO HÍDRICO	33
VI. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	38
ANEXO.....	41

PRESENTACIÓN

Se describe y analiza la red hidrográfica del departamento de Madre de Dios como parte de los estudios temáticos que sirven de base para realizar el análisis y modelamiento del territorio con la finalidad de formular una propuesta de Zonificación Ecológica Económica como la base técnica y científica para el Ordenamiento del departamento de Madre de Dios.

El estudio hidrográfico tiene como propósito identificar y caracterizar la red hidrográfica, su comportamiento hidrológico; así como, determinar las características físicas y químicas de los principales cuerpos de agua que la conforman.

Como el agua juega un importante papel en nuestra Amazonía, el presente estudio hidrográfico junto con los estudios hidrobiológicos y fisiográficos sirve de base para establecer los niveles de potencialidad pesquera de la zona de estudio. Por otro lado, junto con el estudio de suelos, fisiografía, geología, vegetación, fauna y actividades socioeconómicas sirven para determinar las potencialidades piscícolas, las potencialidades turísticas, las potencialidades agrícolas, entre otras, de la zona estudiada.

El estudio se ha elaborado a partir del análisis de la información colectada en los trabajos de campo con la finalidad realizar un sondeo sobre los parámetros hidrográficos e hidrológicos. Los resultados de los trabajos de campo fueron complementados con material bibliográfico existente sobre el tema y de imágenes de satélite Landsat TM y ETM. La escala de trabajo fue de 1:250,000.

RESUMEN

La red hidrológica del departamento de Madre de Dios comprende, principalmente, un sector de la cuenca del río Madre de Dios, con una extensión de 7'866,296 ha que forma parte de la cuenca del río Madeira, además pertenece a la cuenca del río Purús con 652,100 ha.

El río principal del departamento de Madre de Dios es el río Madre de Dios cuyos tributarios nacen en zonas montañosas y colinosas del flanco oriental de la Cordillera de los Andes del sur del Perú. Está formado por la unión de dos ríos que se originan en los Andes del sur del Perú: el río Manu se origina en el sector oeste del ámbito del departamento y el río Alto Madre de Dios, que ingresa al departamento por el sector sur del departamento. Entre sus principales afluentes tenemos a los ríos Río Blanco, Chive, Colorado, Inambari, Tambopata por su margen derecha y los ríos Los Amigos, De las Piedras y Tahuamanu, por su margen izquierda. El río Madre de Dios es afluente del río Madeiras, el cual desemboca en la margen derecha del río Amazonas en territorio brasilero.

El río Madre de Dios, en el área de estudio tiene una longitud de 415 Km un ancho que oscila entre 200 m a 800 m en promedio, con niveles de profundidad media de 10.8 m. En noviembre del 2007, en el sector de Laberinto, la velocidad de corriente media fue de 1.21 m/s y de 1.252 m/s, de velocidad máxima. Durante los meses de abril y mayo (media vaciante), la velocidad de corriente promedio fue de 0.952 m/s pudiendo alcanzar velocidades máximas de 1.066 m/s (Tabla 1 del anexo; IIAP-CTAR Madre de Dios, 2000).

Las características físicas y químicas de los cuerpos de agua estudiados reúnen condiciones adecuadas para el desarrollo de la vida acuática en la mayoría de los cuerpos de agua. Sin embargo algunos ríos se encuentran impactados por el desarrollo de las actividades mineras y por los desechos domésticos.

I. OBJETIVOS

Caracterizar la red de drenaje y determinar las características hidrológicas, físicas-químicas de los principales cuerpos de agua del área de estudio.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. MATERIALES

- a. El presente documento fue elaborado con base a la información obtenida en los trabajos de campo realizado entre el 01 al 04 de setiembre del 2006, 04 al 18 de noviembre del 2007 y del 14 al 30 de agosto del 2008.
- b. La información de campo fue complementada con los estudios realizados por: **Barbieri 2006**. Inventario Rápido de los cuerpos de agua en la Carretera Interoceánica, tramo Acre-Mazuco, antes de la Pavimentación, Informe final. Asociación para la Conservación de la Cuenca Amazónica; INADE, 1998.
- c. Igualmente, se tomó la información generada en el estudio de Zonificación Ecológica Económica del departamento de Madre de Dios realizado en convenio entre el IIAP y el CTAR Madre de Dios en 2001.
- d. Asimismo, se utilizaron el material satelital y cartográfico siguientes:
 - c.1. Mapas topográficos o cartas nacionales levantados por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), a escala 1:100 000 del año 1985 y actualizados recientemente.
 - c.2. Imágenes de satélite Landsat TM5, TM7 de los años 1992, 2004, 2005 y 2006. Estas imágenes tienen la siguiente denominación:

TABLA 1. Relación de material satelital empleado en el presente estudio

SATÉLITE	IMAGEN	FECHA	FUENTE
Landsat	002_068	31/07/2007	IIAP
Landsat	002_069	31/07/2007	IIAP
Landsat	003_068	23/08/2007	IIAP
Landsat	003_069	16/05/2006	IIAP
Landsat	004_067	14/08/2007	IIAP
Landsat	004_068	26/05/2007	IIAP
Landsat	004_069	26/07/2006	IIAP

2.2. MÉTODOS

2.2.1. Fase preliminar de gabinete

Se realizó la recopilación de la información, satelital, cartográfica y bibliográfica sobre el tema de la zona de estudio. A partir del análisis del material recopilado y, mediante el empleo del programa SIG ARC/INFO se generó un mapa base preliminar con la red hidrográfica, carreteras y principales poblados de la zona de estudio. Esta información sirvió de base para planificar las actividades desarrolladas en la etapa de levantamiento de información de campo del área de estudio.

2.2.2 Fase de trabajo de campo

Durante los trabajos de campo se realizaron muestreos de los principales cuerpos de agua con la finalidad de identificarlos y caracterizarlos.

Con base al mapa de cuencas se seleccionará las áreas de muestreo para la obtención de las características físicas y químicas del río principal de la cuenca y sus principales tributarios. En los trabajos de campo se siguieron diferentes criterios de muestreo:

- a. En cuencas principales. Se registraron las coordenadas geográficas de los puntos de muestreo, los datos de localidad y nombre de los principales cuerpos de agua. Con un medidor multiparámetro se analizarán "in situ" las principales características limnológica (temperatura, pH, conductividad, sólidos totales disueltos, oxígeno disuelto porcentaje de saturación de oxígeno: Foto 1). Se tomaron las mediciones de parámetros, como: profundidad, ancho, material del lecho y de las orillas, área de inundación, velocidad de corriente y en lo posible, el caudal. Se indagó sobre la navegabilidad. Paralelamente, se colectaron muestras de aguas en frascos de plástico de 1 litro de capacidad previamente preservadas y refrigeradas para la determinación de las características químicas.
- b. En cuencas secundarias. Se realizaron la identificación del curso de agua, su ubicación geográfica, y sus principales características hidrológicas. Se registró algunas características; tales como: tipo de curso, forma de las orillas, material de las orillas y fondo, profundidad, coloración aparente y tipo de agua.
- c. Cada lugar de visita fue debidamente geo referenciado, como aparecen en las Tablas 2 y 3.



Foto 1. Realizando muestreo de aguas

TABLA 2. Principales ríos muestreados del departamento de Madre de Dios y su ubicación geográfica.

ESTACIÓN	LUGAR	X	Y
Río Acre	Puente de la Integración	437348	8790150
Río Yaverija	Cerca de su desembocadura	437992	8787434
Río Tahuamanu	Puente Tahuamanu	466567	8732770
Río Muymanu	Sector Alerta	487212	8681032
Río Manuripe	Sector Mavila	437348	8790150
Río Madre de Dios	Río Heath	537032	8618431
Río Madre de Dios	Puerto Maldonado	481384	8608026
Río Madre de Dios	Tres Islas	459194	8612978
Río Madre de Dios	Laberinto	435889	8593998
Río Heath	desembocadura	537103	8616633
Río Tambopata	Infierno	476527	8593136
Río Las Piedras	Colpayo	474467	8635163
Río Inambari	Sarayacu	386736	8585273
Río Inambari	Puerto Mazuko		
Río Jayave	Puente	372927	8572209
Río Huacamayo		399735	8585180
Río Huepetuhe	Huepetuhe	333476	8562505
Quebrada Gamitana	desembocadura	502098	8617074
Quebrada Palma Real	desembocadura	519806	8616560
Río Alto Madre de Dios	Altura río Yunguyo	241024	8582442

Río Alto Madre de Dios	Altura río Carbón	245950	8600962
Río Alto Madre de Dios	Zona Mamajapa	258797	8607126
Río Alto Madre de Dios	Zona Mamajapa	259454	8607734
Río Palotoa	desembocadura	245953	5600960
Quebrada Aguas Calientes	desembocadura	253168	8598588
Río Manu	desembocadura	288679	8643350
Río Madre de Dios	Altura río Blanco	314304	8630850
Río Madre de Dios	Altura Poblado de Colorado	349043	8605316
Río Blanco	desembocadura	314074	8630208
Río Chilive	desembocadura	326428	8618228
Río Colorado	desembocadura	347712	8605436

TABLA 3. Principales quebradas y lagunas muestreados del departamento de Madre de Dios y su ubicación geográfica.

ESTACIÓN	LUGAR	X	Y
Qda. Nohaya	Puente	478289	8769986
Cocha Chilina	Chilina	438088	8767904
Cocha s/n	Iberia	442983	8753304
Qda. Matirí	Puente		
Qda. Nareuda	Puente	442689	8750866
Cicha humedal	Cruce	443793	8747212
Cocha	cerca Iberia	446325	8780720
Qda.	cerca Iberia	455995	8738632
Qda.	cerca río Tahuamanu	467187	8728294
Qda.	cerca río Tahuamanu	467182	8728162
Qda.	cerca río Tahuamanu	467952	8724784
Qda. Alerta	Puente	474759	8710578
Qda. Villa Rocío	Cruce	479826	8697394
Quebrada Planchón	Puente		
Quebrada Loboyoc	Puente	486030	8623436
Quebrada Chonta	Puente	475333	8594812
Quebrada Sarayacu		386983	8585057
Quebrada 110	Puente	387052	8576105
Quebrada Adanrrayo	Altura puente	242746	8585396
Quebrada Mantilla	Altura puente	244534	8589516
Quebrada Mancilla II	Altura puente	243831	8592098
Quebrada nn	Altura puente	244051	8592192
Quebrada José Olaya	Altura puente	243905	8593794
Quebrada Bayle	Altura puente		
Quebrada nn	Altura puente	245311	8597480

ESTACIÓN	LUGAR	X	Y
aquebrada Santa Cruz	Altura puente		
Quebrada Yanamayo	Altura puente	249424	8599468
Lago Valencia		519466	8625565
Lago Valencia		519367	8625308

2.2.3. Fase de laboratorio

Las muestras de agua colectadas de los principales ríos fueron enviadas al Laboratorio del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana para el análisis de sus principales componentes químicos como se muestra en la Tabla 4.

TABLA 4. Principales métodos de análisis químicos de las muestras de agua de los principales ríos.

PARAMETROS EN AGUAS	METODO DE REFERENCIA
Dureza Total	EPA 130.2 Hardness Total (Titrimetric, EDTA) "Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes" Revised March 1983.
Alcalinidad Total	SM 2320-B Alkalinity "Standard Methods for Examination of Water and Wastewater" - 20th Ed. 1998.
Amonio	EPA 352.1 Nitrogen, Nitrate (Colorimetric, Brucine). "Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes" Revised March 1983
Nitritos	EPA 325.3 Chloride Titrimetric, Mercuric Nitrate. "Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes" Revised March 1983.
Cd; Cr; Fe; Pb	EPA 200? Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Ciplled Plasma - Atomic Emissions Spectrometry". Rev. 4.4 May 1994.

2.2.4. Fase de gabinete

En esta fase se realizó la sistematización, análisis e interpretación de los resultados obtenidos en las fases de campo y de laboratorio, así como, de la información obtenida en la fase preliminar de gabinete y se procedió a la elaboración del Mapa Hidrográfico y Mapa de Cuencas del departamento de Madre de Dios, así como la elaboración del informe correspondiente.

III. HIDROGRAFÍA DE LA PROVINCIA DE TAHUAMANU

3.1. Descripción de la cuenca e hidrología

La red hidrográfica del departamento de Madre de Dios está formada por ríos que forman parte de las grandes cuencas de los ríos Madeira, con una extensión territorial de 7'866,296 ha y Purús, con una extensión territorial de 652,100 ha (Figura 1).

El departamento de Madre de Dios tiene como eje hídrico principal al río Madre de Dios, tributario del río Madeira que desemboca en la margen derecha del río Amazonas, abajo de la ciudad de Manaus. Está formado por la unión de dos ríos que se originan en los Andes del sur del Perú: el río Manu se origina en el sector oeste del ámbito del departamento y el río Alto Madre de Dios, que ingresa al departamento por el sector sur del departamento.

Entre los principales tributarios del río Madre de Dios se encuentran los ríos De la Piedras y Los Amigos por la margen izquierda; los ríos Blanco, Chilive, Colorado, Inambari, Tambopata y Heath, por la margen derecha.

En el sector norte fluye el río Tahuamanu que se une al río Manuripe, que nace en territorio peruano, para formar el río Orthon en territorio boliviano. (IIAP 2000). Este río es afluente de la margen izquierda del río Madre de Dios.

Los ríos que dan origen al río Purús nacen en la provincia de Tahuamanu. Estos ríos son el Chandless, Yaco y Acre, ubicados en el sector norte de la provincia (Tabla 5).

La velocidad de la corriente y los grandes volúmenes de agua que acarrearán los ríos, asociados a la intensidad de las inundaciones y al material inconsolidado de los suelos, producen procesos erosivos y de sedimentación en las riberas. Estos fenómenos de erosión y sedimentación ocasionan migraciones laterales de los cursos de los ríos que se intensifican en los sectores bajos de la cuenca, pero no son tan dinámicos como en otros ríos del Llano amazónico, como los ríos Ucayali y Marañón.

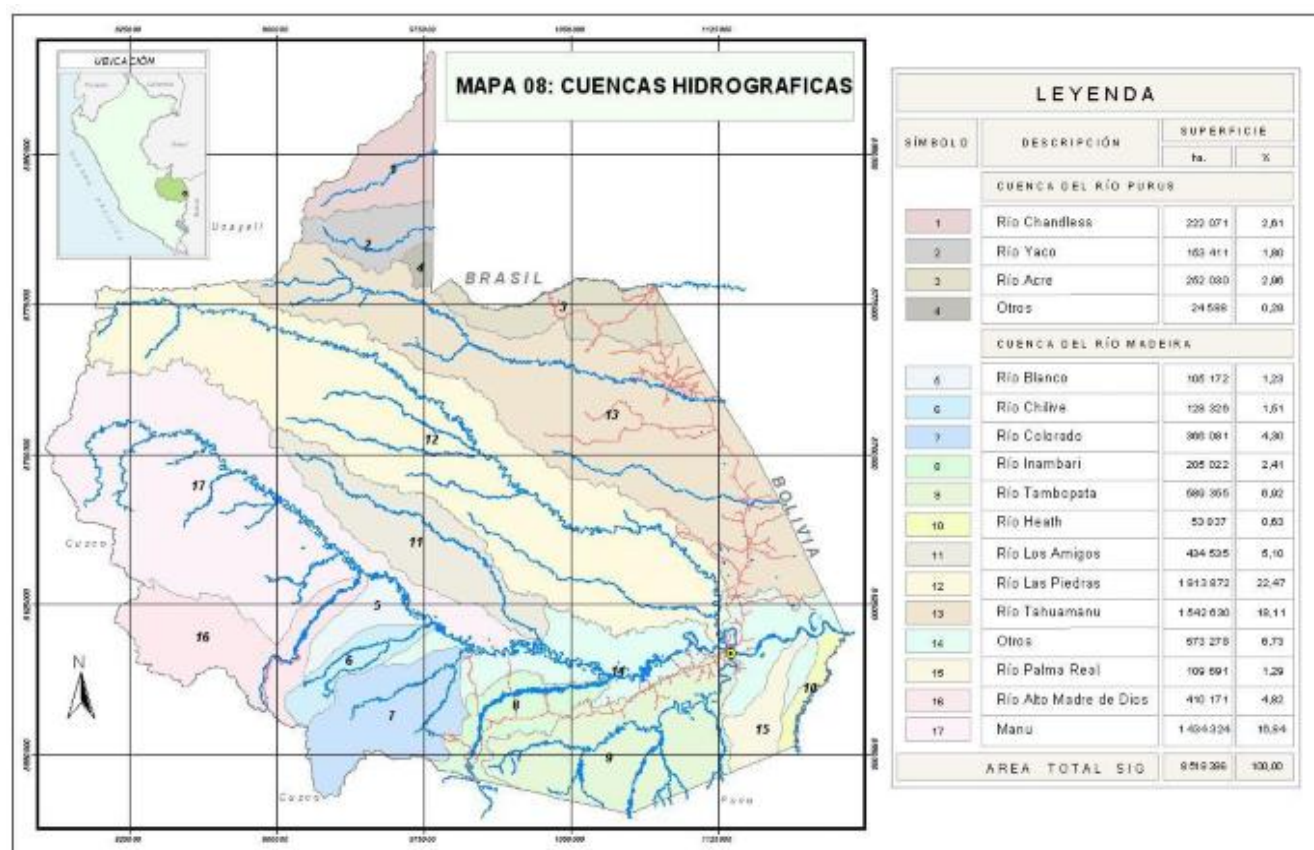


Tabla 5. Principales cuencas hidrográficas del departamento de Madre de Dios.

DESCRIPCIÓN	Ha	%
CUENCA DEL RÍO PURÚS	652,1	7.66
Río Chandless	222,071	2.61
Río Yaco	153,411	1.80
Río Acre	252,030	2.96
Otros	24,588	0.29
CUENCA DEL RÍO MADEIRA	7'866,296	92.34
Río Madre de Dios	6'021,802	70.69
Río Blanco	105,171	1.23
Río Chilive	128,325	1.51
Río Colorado	366,081	4.30
Río Inambari	205,022	2.41
Río Tambopata	589,355	6.92
Río Heath	53,837	0.63
Río Los Amigos	434,535	5.10
Río Las Piedras	1'913,876	22.47
Río Tahuamanu	1'542,630	18.11
Río Manu	1'434,325	16.84
Río Alto Madre de Dios	410,171	4.82
T O T A L	8'518,397	100.00

3.2. Cuenca del Río Madeira

3.2.1. Río Madre de Dios

El río Madre de Dios es tributario de la cuenca del río Madeira y se forma por la unión de los ríos Alto Madre de Dios y Manu. Inicialmente, el curso principal tiene una dirección NO-SE y posteriormente su recorrido es O-E hasta la frontera con la República de Bolivia. Desde su origen hasta el río Tambopata el curso presenta meandros cerrados con lagunas en forma de "u" originados de los meandros abandonados debido a la migración lateral del río. A partir de la desembocadura del Tambopata el curso presenta meandros más abiertos, observándose "estirones" de más de 6 Km de longitud, las lagunas son más grandes y la disminución en número es notoria. Las áreas de inundación son amplias con valles en forma de "u" muy abiertas.

En territorio peruano tiene una longitud de 415 Km con un ancho que oscila entre 200 m a 800 m en promedio, con niveles de profundidad media de 10.8 m, sin embargo, en los malos pasos el canal navegable puede ser menos de 1m de profundidad durante el periodo de vaciante. La red hidrográfica tiene forma de retícula o cuadrícula.

De acuerdo a la clasificación de Berg citado por Arrignon (1979) el Madre de Dios, es un río de velocidad de corriente rápida a muy rápida. Durante los meses de abril y mayo (media vaciante), la velocidad de corriente promedio fue de 0.952 m/s pudiendo alcanzar velocidades máximas de 1.066 m/s. Por otro lado, la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina en el periodo de vaciante de 1987 también encontró velocidades rápidas a muy rápidas en sectores del río correspondientes a los malos pasos. La velocidad máxima encontrada en ese entonces fue de 2.786 m/s en el mal paso denominado Cinco Islas ubicada a 6.5 Km río arriba de CENTROMIN (IIAP-CTAR Madre de Dios, 2000).

De acuerdo a la clasificación de Berg citado por Arrignon (1979) el Madre de Dios, es un río de velocidad de corriente rápida a muy rápida. En noviembre del 2007, en el sector de Laberinto, la velocidad de corriente media fue de 1.21 m/s y de 1.252 m/s, de velocidad máxima (Tabla 6). El fondo del cauce se encuentra conformado predominantemente por material areno-arcilloso. Durante los meses de abril y mayo (media vaciante), la velocidad de corriente promedio fue de 0.952 m/s pudiendo alcanzar velocidades máximas de 1.066 m/s (Tabla 1 del anexo; IIAP-CTAR Madre de Dios, 2001).

Por otro lado, la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina en el periodo de vaciante de 1987 también encontró velocidades rápidas a muy rápidas en sectores del río correspondientes a los malos pasos. La velocidad máxima encontrada en ese entonces fue de 2.786 m/s en el mal paso denominado Cinco Islas ubicada a 6.5 Km río arriba de CENTROMIN.

La cuenca del río Madre de Dios presenta una extensión de 6'021,802 ha que representa el 70.69% del territorio del departamento. Su cauce principal puede ser navegable con canoas, botes peque peque, deslizadores y embarcaciones de regular calado (Tabla 3 de Anexo; Foto 2).

Al río Madre de Dios se adicionan una serie de afluentes que forman sub- cuencas de diversa magnitud y forma. Por su margen derecha, el río Madre de Dios tiene como principales afluentes a los ríos Blanco, Chilive, Colorado, Inambari, Tambopata y Heath, cuyas nacientes se originan en la Cordillera Oriental de los Andes; generalmente, las cuencas atas de estos río son de tipo pinnada, mientras que la parte baja es de tipo dendrítica. Estos río tienen recorrido con orientación SO-NE. En las partes altas son de cauce estrechos y de material predominantemente pedregoso, con áreas de inundación escasas o inexistentes y ambientes lénticos ausentes, siendo las fluctuaciones del río una respuesta rápida de los niveles de precipitación de las cabeceras. Sin embargo, en las partes bajas el cauce es más amplio con pronunciadas áreas de inundación con escasos ambientes lénticos.

Por la margen izquierda del río Madre de Dios confluyen los ríos de Los Amigos y de Las Piedras, ambos ríos son meándricos y tienen un recorrido general SE. Nacen en las zonas colinosas adyacentes a la Cordillera Oriental de los Andes (Ver mapa de cuencas).



Foto 2. Vista panorámica del río Madre de Dios (Foto: R. Zárate).

Río Blanco

Se origina en las colinas bajas de la Cordillera Oriental del departamento; siendo su principal afluente la Quebrada Agua Negra. El Blanco tiene una longitud de 97 Km y ancho máximo de 118 m cerca de su desembocadura en el río Madre de Dios. Durante el periodo de muestreo (agosto 2008) la profundidad promedio del río fue de 1.89 m y con ancho de 51 m. Se registró un caudal de $2.81 \text{ m}^3/\text{s}$, con velocidad media de 0.07 m/s y velocidad máxima de 0.1 m/s. La cuenca del río Blanco presenta una extensión de 105,171 ha que representa el 1.23% del territorio del departamento.

Río Chilive

Se origina en las colinas bajas de la Cordillera Oriental del departamento; siendo su principal afluente el río Azul. El Chilive tiene una longitud de 124 Km y ancho máximo de 300 m cerca de su desembocadura en el río Madre de Dios. La cuenca del río Chilive presenta una extensión de 128,325 ha que representa el 1.51% del territorio del departamento.

Río Colorado

Se origina en las colinas bajas de la Cordillera Oriental del departamento del Cuzco; siendo sus principales afluentes por la margen derecha los ríos Lobo y Huasoroco y, por la margen izquierda, los ríos Sílabá y Mahues. El río Colorado tiene una longitud de 100 Km con ancho del curso de agua de 200 m en promedio; sin embargo el cauce del río puede pasar los 500 m de ancho. Durante el periodo de muestreo (agosto 2008) se registró una profundidad media de 0.43 m con ancho de 270 m. El caudal registrado fue de $123.66 \text{ m}^3/\text{s}$ con velocidad media de 0.88 m/s y velocidad máxima de 1.48 m/s. El área de su cuenca tiene una extensión de 366,081 ha representado el 4.30 % del área total del departamento.

Río Inambari

Nace en el nevado de Anauca del departamento del Cuzco. Sus principales afluentes por la margen derecha son los ríos Huyaqui y Guacamayo y, por la margen izquierda, el río Caichive.

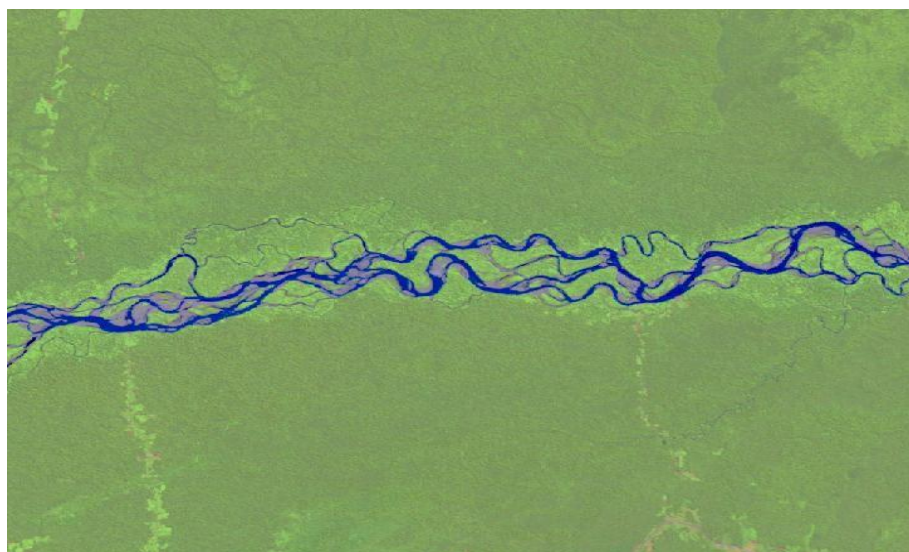


Figura 2. Río Inambari en el Llano amazónico. Nótese el curso trenzado.



Foto 3. Vista de un sector del río Inambari. En los ríos guacamayo y Caichive existen una intensa explotación aurífera trayendo funestas consecuencias ambientales, debido a que el bosque amazónico ha sido erradicado totalmente de la cuenca quedando un paisaje deteriorado, sin cobertura vegetal y sin suelo. En el departamento, el río Inambari tiene una longitud de 126 Km con ancho máximo efectivo de 500 m cerca de su desembocadura (Foto 3).

En el sector bajo en el llano amazónico, dentro del departamento, el curso del río es de tipo trenzado (Figura 2), siendo en la zona de Cordillera de tipo meándrico. El área de su cuenca presenta una extensión de 205,022 ha representado el 2.41 % del área total del departamento.

Río Tambopata

Se origina en el nevado de Shallullo, en el departamento del Cuzco. Por su margen derecha los principales afluentes son los ríos Elías Aguirre, Villarreal y La Torre y, por la margen izquierda, el río Malinowski.

La densidad de drenaje de los ríos Inambari y Tambopata es de 0.34 Km/Km², en general este valor es bajo y define a una cuenca con suelos de elevada permeabilidad, bajo una densa cubierta vegetal sobre relieves suaves (IMA 1997). Antes de su unión con el río Malinowski, el río Tambopata tiene el curso de agua trenzado, con ancho promedio de 200 m y máximo de 300 m, después de la unión con el mencionado río el ancho promedio es de 350 m.

Posteriormente el curso de agua se vuelve meándrico con amplios meandros.

El río Tambopata tiene una longitud de 171 Km en el área del departamento. El río Tambopata, en los meses de abril y mayo, presentó velocidad de corriente de tipo rápida (0.827 m/s de velocidad máxima), pero puede alcanzar mayores velocidades (1.456 m/s) como fue encontrado cerca de su desembocadura por la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina en 1987 (Tabla 1 de anexo; IIAP-CTAR Madre de Dios, 2000). Su cuenca tiene una extensión de 589,355 ha representado el 6.92 % del área total del departamento.

Río Heath

Su desemboca es por la margen derecha del río Madre de Dios y forma parte del límite natural entre Perú y Bolivia. En el departamento tiene una longitud de 123 Km con ancho de medio de 100 m y máximo de 150 m en su desembocadura. Su cuenca tiene una extensión de 53,837 ha representado el 0.63 % del área total del departamento.

Río Los Amigos

Es un río pequeño, meándrico con 330 Km de longitud y ancho promedio de 100 m. Adyacentes se encuentra lagunas pequeñas en forma de media luna. Su cuenca tiene una extensión de 434,535 ha representado el 5.10 % del área total del departamento.

Río de las Piedras

Tiene una longitud aproximada de 500 Km y se origina en las áreas colinosas de piedemonte andino entre la divisoria de agua de las cuencas de los ríos Shepahua y Madre de Dios (IIAP 2000). Por la margen derecha recibe a los ríos Chanchamayo, San Francisco, Lidia, Curiyacu y Pariamanu, y por su margen izquierda, el río Huáscar. La longitud del río De las Piedras es de 790 km con ancho promedio de 150 m y máximo de 260 m cerca de su desembocadura. En la parte baja, el río presenta material de fondo con características arcillosas y pedregosas. La velocidad de corrientes es muy alta con niveles de velocidad media de 1.536 m/s y velocidad máxima de 1.731 m/s, durante los meses de abril y mayo de 1999 (IIAP 2000). Su cauce principal puede ser navegable con canoas, botes peque peque y deslizadores (Tabla 3 del anexo). El área de su cuenca es de 1'913,876 ha que representa el 22.47% del territorio del departamento.

Río Tahuamanu

El río Tahuamanu es afluente del Madre se Dios, desemboca por su margen izquierda, en territorio boliviano, luego de recorrer aproximadamente 402 Km, desde su nacimiento. El río Tahuamanu, nace en el sector occidental de la provincia de Tahuamanu, en complejo de colinas.

El río Tahuamanu tiene un recorrido con orientación NO-SE y atraviesa toda la provincia. En este sector su curso es meándrico presentando meandros pequeños y lagunas pequeñas originadas de meandros abandonados por la migración lateral del curso de agua. Las áreas de inundación no son muy amplias con valles en forma de "u" muy abiertas.

En el sector bajo el cauce del río Tahuamanu presenta un ancho regular variando de 150 a 180 m. En agosto del 2006, en este sector la velocidad de corriente fue media con valores de 0.423 m/s, como velocidad promedio y de 0.968 m/s, de velocidad máxima; siendo el caudal de 11.05 m³/s (Tabla 6). La profundidad promedio fue de 0.39 y la profundidad máxima fue de 0.80 m, con un ancho del cauce de 62 m. El fondo de su cauce se encuentra conformado por material areno-arcilloso (Tablas 6). Para los meses de abril y mayo de 1999, el IIAP (2000) reporta mayores niveles de velocidad de corriente media de 0.564 m/s y velocidad de corriente máxima de 0.824 m/s (Tabla 1; Foto 4).



Foto 4. Vista del río Tahuamanu (Foto J. Maco)

Al río Tahuamanu del sector estudiado llegan una serie de afluentes que forman sub-cuencas de inversa magnitud y forma. El río Tahuamanu tiene como principales afluentes a los ríos Titimanu y Santa Cruz, en territorio peruano, y el río Muymanu, que se origina en territorio peruano y desemboca en el río Tahuamanu en territorio boliviano (IIAP 2000).

La cuenca del río Tahuamanu tiene una extensión de 1'542,630 ha que representa el 18.11% del territorio del departamento. Su cauce principal puede ser navegable con canoas, botes peque peque y deslizadores (Tabla 3 de anexo). Su principal afluente es el río Muymanu que nace en territorio peruano pero desemboca en territorio boliviano.

Río Manuripe

La cuenca del río Manuripe se ubica en el sector sur de la cuenca del Tahuamanu. El río Manuripe es un afluente de la margen derecha del río Tahuamanu. Nace en un sistema de terrazas y tiene un recorrido NO-SE. Su longitud en territorio peruano, desde sus nacientes a la frontera con Bolivia, es de 236 Km. El río Manuripe se presenta como un río de tipo meándrico presentando meandros pequeños y escasez de cochas. Su cauce está compuesto de material predominantemente areno arcillosos. Durante los periodos de muestreo, agosto del 2006, a la altura del Puente Mavila se registró un ancho de 26.6 m con profundidad media de 0.88 m y profundidad máxima de 1.35 m. Su velocidad de corriente promedio fue de 0.356 m/s y máxima de 0.507 m/s, teniendo un caudal de 9.50 m³/s (Tabla 6 y 7, Foto 5). Mayores valores de velocidad de corriente son reportados el IIAP (2000) para los meses de abril y mayo de 1999; donde la velocidad de corriente media fue de 0.599 m/s y la velocidad de corriente máxima fue de 0.675 m/s. Su cauce principal puede ser navegable con canoas, botes peque peque y deslizadires (Tabla 3 de anexo).



Foto 5. Vista del río Manuripe (Foto J. Maco)

3.2.2. Río Alto Madre de Dios

Tiene sus orígenes en los Andes del Sur del Perú en el nevado de Pucará al sur-este de Paucartambo (Von Hassel, citado en GESUREMAD 1998) en el departamento del Cuzco donde recibe el nombre de río Pilcopata que al unirse con el río Piñi Piñi por su margen izquierda, adopta el nombre de Alto Madre de Dios. En el departamento de Madre de Dios este río tiene 116 Km de longitud, con ancho máximo de 350 m (Foto 6). El curso tiene dirección SO-NE hasta su unión con el río Manu para formar el río Madre de Dios. El área de su cuenca es de 410, 171 ha que representan el 4.82% del territorio del departamento.

Tomando en consideración la clasificación de Way (1978, citado por Aguilo et al. 1991), el río Alto Madre de Dios se caracteriza por ser de curso rectilíneo en su parte alta y de textura media, mientras que en la parte media y baja es de curso reticulado y de textura gruesa, trenzado, presentando, además, escasez de cuerpos lénticos.



Foto 6. Vista del río Alto Madre de Dios (Foto J. Maco)

Los principales afluentes, los ríos Pantiacolla, Piñipiñi y Palotoa desembocan por su margen izquierda, mientras que ríos menores, tales como, los ríos Salvación y Shintuya desembocan por su margen derecha.

Durante el periodo de muestreo (agosto 2008), el río Alto Madre de Dios presenta aguas claras, translúcidas verdosas y fondo del cauce compuesta de material pedregoso. Se registró una profundidad promedio de 1.78 m con ancho de 100 m en promedio, siendo el caudal de 223.46 m³/s con velocidad media de 0.99 m/s y velocidad máxima de 1.35 m/s.

3.2.3. Río Manu

El río Manu se origina en las colinas bajas ubicadas entre las cuencas de los ríos Madre de Dios y Urubamba. Su recorrido general tiene una dirección NO- SE hasta su unión con el río Alto Madre de Dios para formar el río Madre de Dios. Tiene una longitud aproximada de 418 Km siendo de curso meándrico, con meandros muy cerrados, que han dado origen a un gran número de ambientes lenticos pequeños (cochas y tipishcas). Los principales afluentes del río Manu fluyen por su margen derecha y tienen su origen en la Cordillera oriental de los Andes en el departamento del Cuzco, entre ellos tenemos a los ríos Sotileja, Cumerjali, Cachivi, Providencia, Panagua, Codo y Pinquén; afluentes menores desembocan por su margen izquierda como los ríos Paca, Rubia, Shahuinto, Fierro y Cashpajali.

Durante el periodo de muestreo (agosto 2008), el río Manu presenta aguas blancas, turbias y fondo del cauce compuesta de material pedregoso. Se registró una velocidad media de 0.43 m/s y velocidad máxima de 0.52 m/s.

En el departamento de Madre de Dios también se encuentran los ríos Tahuamanu y Manuripe, que se originan en el llano amazónico, formando el río Orthon el cual es afluente del río Madre de Dios en

territorio boliviano. El área de su cuenca es de 1'434,324 ha que representan el 16.84% del territorio del departamento (Foto 7).



Foto 7. Vista del río Manu (Foto J. Maco)

3.3. Cuenca del Río Purús

3.3.1. Río Chandless

La cuenca del río Chandless se ubica en el sector norte del departamento de Madre de Dios. El río Chandless es uno de los afluentes, en territorio peruano, que dan origen al río Purús. Nace en zonas colinosas y tiene un recorrido SO- NE. Su longitud, en el sector peruano es de 100 Km. El río Chandless presenta un cauce meándrico, con meandros pequeños. En este sector existen escasas lagunas producto de los meandros abandonados debido a la dinámica lateral del curso del río. El área de su cuenca es de 222,071 ha que representan el 2.61% del territorio del departamento.

3.3.2. Río Vaco

La cuenca del río Yaco se ubica en el sector norte del departamento de Madre de Dios. El río Yaco también es uno de los afluentes, en territorio peruano, que dan origen al río Purús. Nace en zonas colinosas y tiene un recorrido SO-NE. Su longitud, en sector peruano es de 106 Km. El río Yaco presenta un cauce meándrico, con meandros pequeños. En este sector existen escasas lagunas producto de los meandros abandonados debido a la dinámica lateral del curso del río. El área de su cuenca es de 153,411 ha que representa el 1.80% del territorio del departamento.

3.3.3. Río Acre

La cuenca del río Acre se ubica en el sector norte del departamento, formando parte del límite natural fronterizo entre Perú y Brasil. El río Acre también es uno de los afluentes, en territorio peruano, que dan origen al río Purús. Nace en zonas colinosas y tiene un recorrido general O-E. Su longitud, desde sus nacientes hasta el límite fronterizo entre Perú, Brasil y Bolivia es de 137 Km. El río Acre tiene un cauce con patrón generalmente meándrico. Su cauce está compuesto de material predominantemente areno arcilloso. En agosto del 2006, a la altura del Puente de la Integración, se registró un ancho de 21.70 m

y profundidad media de 0.30 m, con profundidad máxima de 0.55 m. Su velocidad de corriente promedio fue de tipo baja con valor de 0.206 m/s, con velocidad máxima de tipo baja con valor de 0.269 m/s, teniendo un caudal de 1.28 m³/s. Su cauce está conformado principalmente de material arenoso arcilloso. (Tablas 6 y 7). Sin embargo, durante los meses de abril a mayo de 1999 el río Acre presenta niveles de velocidad de corriente de nivel medio con caudales que llegan a los 60 m³/s (IIAP, 2000; Tabla 1 de anexo). El área de su cuenca es de 252,030 ha que representa el 2.96% del territorio del departamento. Su cauce principal puede ser navegable con canoas, botes peque peque y deslizadores (Tabla 3 de anexo; Foto 8).

Uno de los principales afluentes del río Acre por la margen derecha es el río Yaverija que nace en territorio peruano y desemboca en el Acre formando el punto de convergencia entre los territorios de Perú, Brasil y Bolivia, es de cauce meándrico. En agosto del 2006 presentó profundidad media de 0.19 m, profundidad máxima de 0.45 m, ancho de 19 m. La velocidad de corriente fue baja con promedio de 0.280 m/s y máxima de 0.486 m/s, con caudal de 1.32 m³/s. El material de fondo es areno arcilloso (Tablas 6 y 7). El IIAP (2000) reportó mayores valores de velocidad de corriente y caudal cerca de los 20 m³/s para este río durante los meses de abril y mayo de 1999 (Tabla 9).



Foto 8. Río Acre (Foto J. Maco)

3.4. Quebradas

Existen pequeñas quebradas que alimentan a los ríos principales. Estas quebradas se encuentran grandemente influenciadas por la presencia de las precipitaciones pluviales del momento; se cargan considerablemente después de una lluvia, aumentando rápidamente su caudal. Algunas quebradas, como en el sector Puerto Maldonado Iberia, se secan completamente, especialmente durante el periodo de vaciante. Sin embargo, la mayoría de quebradas mantienen cierta cantidad de agua durante los periodos de sequía. En las partes más altas del departamento, las quebradas son de aguas claras y discurren sobre terrenos pedregosos (Foto 9). Mientras que, en el Llano Amazónico, las quebradas generalmente, son de agua negra y discurren por terrenos arenosos a arcillosos (Foto 10);



Foto 9. Tipo de quebrada en Alto Madre de Dios (Foto J. Maco)

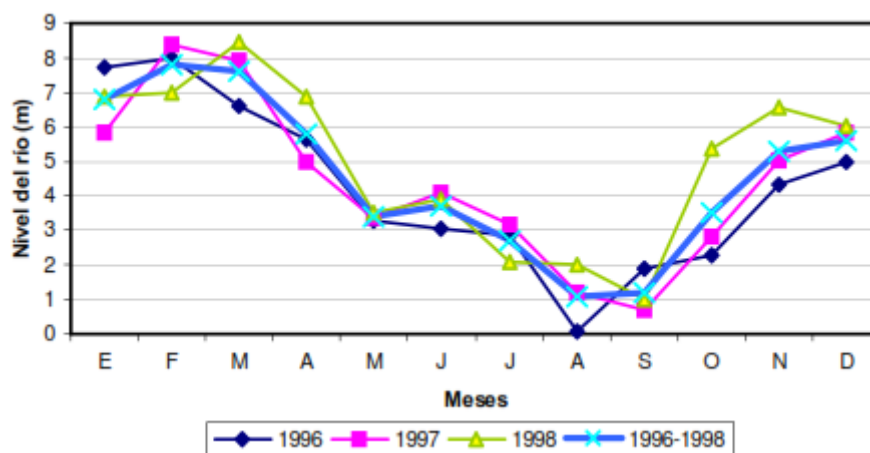


Foto 10. Tipo de quebrada en la Provincia de Tahuamanu (Foto J. Maco)

3.5. Régimen Hidrológico

El río Madre de Dios presenta el siguiente régimen hidrológico: Vaciante (julio, agosto y setiembre); Media creciente (octubre, noviembre y diciembre); Creciente (enero, febrero y marzo) y Media vaciante (abril, mayo y junio) (Figura 3).

La dinámica fluvial de los principales ríos está sujeta a las lluvias estacionales que se presentan en las partes altas de las principales sub-cuencas afluentes del río Madre de Dios.



Fuente: EMAPAT – Madre de Dios

El río Madre de Dios es monitoreado por Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente, de Bolivia, quienes reportan que los niveles de agua mantienen su tendencia ascendente, encontrándose todas las zonas de influencia en ALERTA NARANJA. Se estiman crecidas durante las próximas dos semanas de Febrero (de 2008), con la probabilidad de que las mismas generen desbordes e inundaciones las que pasaría a ser ALERTA ROJA, de acuerdo a la Figura 4.

Figura 4. Niveles del río Madre de Dios en Puerto Heath.



Fuente: Servicio de Hidrografía Naval - Bolivia (2008)

3.6. Navegabilidad de los Principales Ríos y Quebradas

El acceso fluvial a los cuerpos de agua de la zona de estudio depende del río que se desea navegar y periodo hidrológico. Se tiene las siguientes especificaciones para la navegabilidad en los ríos Madre de Dios, Tambopata (Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina 1987) y ríos menores y quebradas (Tablas 3 y 4 del anexo).

Río Madre de Dios

Entre la boca del río Colorado hasta Puerto Pardo (junto a la frontera con Bolivia) es navegable durante todo el año mediante embarcaciones menores de hasta 8 TM con motor fuera de borda. Sin embargo, entre Puerto Maldonado y la boca del río Colorado, la navegación estaría limitada a embarcaciones con calado máximo de 01 m durante los meses de vaciante por la presencia de bajos fondos ubicados en los "Malos Pasos" denominados Puerto Arturo, Cinco Islas, San Juan y Guacamayo (Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina 1987).

Asimismo, durante los períodos de creciente las embarcaciones pueden ser de mayor calado pero con velocidad mayor a 04 nudos debido al aumento sustancial de la velocidad de corriente y sobre todo para superar los malos pasos durante este periodo hidrológico. Por otro lado, entre Puerto Pardo y Puerto Maldonado se puede navegar con embarcaciones de hasta 02 m de calado en el periodo de vaciante puesto que no existe restricción de la navegación ocasionada por los "Malos Pasos"; sin embargo, se debe tener en consideración los estrechamientos del canal en las cercanías de la Isla Rolín, Isla Gamitana y Playa Alta (Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina 1987).

Río Alto Madre de Dios

Es navegable hasta el pongo de C'oñec (cerca de Pilcopata).

Río Manú

Es navegable hasta el alto Manu y es posible cruzar a pie a las cuencas del Urubamba/Ucayali y del río de Las Piedras por las cabeceras.

Río Tambopata

Entre el caserío Florida y su desembocadura (Puerto Maldonado) no hay restricciones de navegación para las embarcaciones menores con calados máximos de 01 m. Entre los meses de mayo a diciembre es navegable con embarcaciones de 3 TM con motor fuera de borda; sin embargo, entre los meses de diciembre a abril la navegación puede ser con embarcaciones de hasta 8 TM hasta la desembocadura del río Malinowski (INADE 1998).

Río de Las Piedras

Entre los meses de mayo a diciembre es navegable con embarcaciones peque peque de hasta 2 TM; mientras tanto que, entre los meses de diciembre a abril la navegación se puede realizar con embarcaciones de hasta 4 TM con motor fuera de borda o peque peque (INADE 1998).

Río Inambari

Desde el puente Inambari hasta su desembocadura es navegable con embarcaciones menores de 4 TM; mientras que, durante los meses de diciembre a abril la navegación es posible con embarcaciones de hasta 5 TM, en ambos casos con motor fuera de borda de 65 HP.

Ríos menores y quebradas

La navegabilidad se realiza en embarcaciones pequeñas (canoas, botes con 8-10 HP y/o deslizadores) y está supeditada al periodo hidrológico siendo, generalmente, navegables durante el periodo de creciente, como es el caso típico del río Malinowski (IMA 1997).

IV. FÍSICA Y QUÍMICA DEL AGUA

Las aguas dulces son caracterizadas por contener bajas concentraciones de solutos (Kirschner 1991). En este contexto se encuentran la gran mayoría de los cuerpos de agua amazónicas (Sioli 1984; Junk and Furch 1985; Furch and Junk 1997).

Los estudios de las características físicas y químicas de los principales cuerpos de agua del departamento de Madre de Dios que se han realizado durante el presente estudio (Tablas 9 y 10) muestran que son adecuadas para el desarrollo de la vida acuática. Presentan aguas oxigenadas, pH tendiente a la neutralidad, son ligeramente ácidos a ligeramente básicos; los niveles de conductividad eléctrica reflejan buen contenido de electrolitos disueltos. Estudios realizados por el Barbieri (2006; Tabla 11 del anexo), el IIAP (2000; Tablas 4, 5 y 6 del anexo), IMA (1997; Tabla 7 del anexo) e INADE (1998; Tabla 8, 9 y 10 del anexo) presentan niveles de sustancias químicas y características físicas que favorecen al desarrollo de organismos hidrobiológicos. En ese sentido, las características físicas y químicas de los cuerpos de agua han sufrido pequeñas variaciones cuando son analizadas en el espectro temporal debido a las características hidrológicas propias de río.

4.1. Tipificación de los cuerpos de agua

4.1.1. Ambientes Lóticos

Teniendo como referencia el modelo general de clasificación de aguas realizado por Sioli (1968) y posteriormente, ampliado por Geisler et al. (1973), para las aguas de la Amazonía brasileña, se propone una tipificación de las aguas para la Amazonía peruana en aguas blancas, negras, claras e intermedias (IIAP-WWF 1999), los mismos que presentan valores mayores en sus características físicas y químicas, debido a las diferencias geológicas y a la cercanía y a la influencia directa de los sistemas de drenaje provenientes de la Cordillera de los Andes, los que acarrean sustancias ricas en electrolitos. Para el caso del departamento de Madre de Dios las corrientes de agua se pueden tipificar como aguas blancas, aguas negras, aguas claras y ríos de agua mixta.

Ríos de agua blanca

Los ríos que presentan este tipo de agua tienen origen en el complejo de colinas del pie de monte y en las montañas de la Cordillera de los Andes. Presentan aguas lodosas, turbias, debido al alto contenido de arena, arcilla y limo en suspensión, que proporcionan una coloración marrón claro a sus aguas. Asimismo, el alto contenido de material en suspensión permite niveles de transparencia bajos con altos valores de turbidez, presentándose una pobre penetración lumínica que dificulta el desarrollo del fitoplancton.

Los ríos de agua blanca presentan alto valor de conductividad, producto del alto grado de mineralización de sus aguas, por lo que estos ambientes acuáticos reúnen mejores condiciones para la producción biológica. La alta conductividad de estos cuerpos de agua se debe a los sólidos en suspensión que poseen, los cuales conllevan a la generación de gran cantidad de iones disueltos. Los niveles de pH van de ligeramente ácidos a alcalinos. Estos tipos de agua están representados por los ríos Alto Madre de Dios, Madre de Dios, Tambopata, Inambari, Manu, Las Piedras, Acre, Tahuamanu entre otros.

Ríos de agua negra

Son ríos que nacen en el llano amazónico y se caracterizan por presentar coloración negruzca debido a la alto contenido de sustancias húmicas producto de la descomposición de la materia orgánica, presentan pH ligeramente ácido y bajos niveles de conductividad que reflejan menores solutos en el agua. Entre estos cuerpos de agua se puede mencionar al río Muyumanu y las quebradas Cascajal (río

Tambopata); Quebradas Gamitana (río Madre de Dios) Malecón, Planchón y Loboyoc (carretera Pto. Maldonado-Iberia); Unión Progreso, 110 y Sabaloshayuc (Carretera Pto. Maldonado-Mazuko), río Blanco (río Madre de Dios).

El contenido de material en suspensión y el caudal pueden incrementar ostensible y rápidamente debido a la caída de fuertes lluvias en la zona cambiando la coloración negruzca a marrón con alto contenido de turbidez como ocurrió en la quebrada Gamitana durante el periodo de muestreo.

De acuerdo a las características físicas y químicas, estos cuerpos de agua son aptos para la vida acuática. Semejantes conclusiones llegaron Campos Baca et al (1978) al analizar las diferentes quebradas con fines piscícolas.

Ríos de agua clara

Estos ambientes son caracterizados por ser de aguas transparentes, con ausencia o escaso material en suspensión. Estas características inciden en la mayor penetración de la luz y, consecuentemente, en la elevación de la transparencia que, en aguas poco profundas puede verse el fondo (100 % de transparencia). Son pequeños ríos y quebrada que nacen en el pie de monte andino o en terrenos calinosos originadores de los principales ríos del departamento de Madre de Dios. El río Alto Madre de Dios, durante el periodo de vaciante (agosto y setiembre) se comporta como un río de agua clara; mientras que el resto del año presenta aguas blancas con alto contenido de material en suspensión. Las pequeñas quebradas y ríos que alimentan al río Alto Madre de Dios también son de aguas claras. Asimismo, en el llano amazónico existen pequeñas quebradas y las aguas de manantiales que presentan aguas transparentes o claras. Entre estos destacan los afluentes del Alto Madre de Dios, los ríos Carbón y Shimtuya.

Ríos de agua mixta

Son ríos que nacen en el llano amazónico y se caracterizan por presentar características de aguas blancas y de aguas negras. Presentan coloración marrón debido al alto contenido de material en suspensión compuesta mayormente por arena, limo y arcilla los cuales son acarreados desde las áreas colinosas de piedemonte andino. Estas características inciden en la elevación de los niveles de turbidez y en la disminución de los niveles de transparencia, siendo la penetración de la luz muy reducida impidiendo ver el fondo.; sin embargo, presentan pH ligeramente ácido y bajos niveles de conductividad que reflejan menores solutos en el agua. Como representantes tenemos ríos de Las Piedras, Yaverija, Acre, Tahuamanu, Manuripe, entre otros.

4.1.2. Ambientes Lénticos

En el departamento de Madre de Dios existen lagunas las que se pueden clasificar como lagunas de origen fluvial. Son formadas como consecuencia de la migración lateral que sufren los cursos de agua. Durante este proceso un meandro del río puede ser aislado del cauce principal a través del fenómeno llamado regionalmente "rompeo". El meandro aislado poco a poco va adquiriendo las características de una laguna que se conectada al río principal por un pequeño canal llamado "caño". En este contexto, la mayor cantidad de lagunas se encuentran en áreas adyacentes a los ríos que presentan gran migración lateral del cauce, como los ríos Manu, Madre de Dios, Las Piedras y Tambopata.

Dependiendo de su localización y de la influencia del río principal, se pueden clasificar en lagunas de várzea y en lagunas de agua negra.

Lagunas de agua negra

Son lagunas que presentan coloración negruzca debido al alto contenido de sustancias húmicas que se originan como producto de la descomposición de la materia orgánica del bosque. Algunas lagunas se encuentran adyacentes a ríos de agua blanca, pero no reciben mayor influencia de las aguas de estos; pero si se alimentan de los pequeños cuerpos de agua negra. En otros casos estas lagunas son producto del truncamiento del cauce de una pequeña quebrada, especialmente aquellas que se encuentran adyacentes a la carretera principal (Foto 11).



Foto 11. Laguna de agua negra (Foto J. Maco).

Lagunas de várzea

Son lagunas adyacentes a los cursos de agua blanca, de las cuales reciben fuerte influencia durante el período de crecida renovando parte o totalmente su volumen de agua. Este proceso permite que estos cuerpos de agua tengan una alta tasa de renovación de sustancias nutritivas y, por lo tanto, una elevada productividad, la misma que se refleja en los altos niveles de conductividad eléctrica (100 a 220 $\mu\text{mhos/cm}$). Como representante de este tipo de lagunas tenemos a: Lago Chorrera, Lago Pastora Grande, Lago Copamanu, Cocha Arenque, Lago Vuelta Grande, Lago Patococha y Lago Valencia (Foto 12; en el río Madre de Dios); Lago Tres Chimbadas, Cocococha y Condenado (en el Río Tambopata).



Foto 12. Vista del amanecer en el Lago Valencia (Río Madre de Dios)

TABLA 6. Parámetros hidrológicos de los principales ríos reportados por el presente estudio.

Estación	Lugar	Fecha	X	y	Area total transversal	Prof. Media	Ancho	Caudal total	Velocidad media	Velocidad máxima
					m2	m	m	m3/s	m/s	m/s
Río Acre	Puente de la Integración		437348	8790150	7,8825	0,3	21,7	1,28112	0,2045148	0,269402
Río Yaverija	cerca desembocadura		437992	8787434	4,5	0,1917	19	1,31636	0,2801871	0,485506
Río Tahuamanu	Puente Tahuamanu		466567	8732770	27,4	0,3857	62	11,0483	0,4227276	0,867999
Río Manuripe	Mavila		487212	8681032	27,05	0,875	26,6	9,50085	0,3562766	0,507004
Quebrada 110	Puente	14/11/2007	387052	8576105	5,61	0,584	7,1	1,975	0,341	0,586
Río Yajave	Puente Tahuamanu	14/11/2007	372927	8572209	8,97	0,397	18	4,094	0,468	0,66
Río Heath	Desembocadura	08/11/2007	537107	8616633					0,619	0,651
Río Madre de Dios	Laberinto	09/11/2007	435889	8593998					1,21	1,252
Río Alto Madre de Dios	Altura río Carbón	20/08/2008	245950	8600962	239,7	1,78	100	223,46	0,99	1,35
Río Palotoa	desembocadura	19/08/2008	245953	8600960	38,14	0,48	78,6	14,07	0,42	3,59
Río Manu	Desembocadura	22/08/2008	288679	8643350					0,43	0,52
Río Madre de Dios	Altura río Blanco	24/08/2008	314304	8630850	665	2,22	200	351,75	0,66	1,04
Río Blanco	desembocadura	24/08/2008	314074	8630208	51,72	1,89	51	2,81	0,07	0,10
Río Colorado	Desembocadura	25/08/2008	347712	8605436	175,5	0,43	270	123,66	0,88	1,48

TABLA 7. Parámetros físico-químicos de los principales cuerpos de agua reportados por el presente estudio.

Estación	Lugar	Afluente de	Fecha	X	Y	Color	T TM C agua	Trans paren cia	O2 disuelto o	Saturación O2	pH	CE	TDS	Salini dad	Tipo de fondo
							TM C		mg/l	%		uS/c m	mg/l	â	
Río Acre	Puente Integración	Río Purús	02/08/06	437348	8790150	verdoso	23,7	turbio	11,8	141,6	8,18	417	201	0,2	arenoso arcilloso
Río Yaverija	desembocadura	Río Acre	02/08/06	437467	8789978	marrón claro	24,7	turbio	10,06	124	7,84	197	94	0	arcilloso arenoso
Río Tahuamanu	Puente Tahuamanu	Río Madre de Dios	03/08/06	466567	8732770	marrón verdoso	27,8	turbio	9,9	126	7,18	301	145	0,1	arenoso arcilloso
Río Muymanu	Puente	Río Tahuamanu	03/08/06	473709	8711746	verde claro	30,2	turbio	7,43	98	6,85	76,1	36	0	arenoso arcilloso
Río Manuripe	Mavila	Río Tahuamanu	03/08/06	487212	8681032	marrón oscuro		turbio	9,04	112	8,23	68,6	32,4	0	arenoso arcilloso
Qda. Matirí	Puente		02/08/06			negruzco	25	total	10,8	132	8,02	98	46,5	0	arcilloso
Qda. Nohaya	Puente		02/08/06	478289	8769986	verdoso	25	total	10,57	133	7,49	306	147	0	arcilloso
Cocha Chilina	Chilina		03/08/06	438088	8767904	negro	24,9	no	4,73	58,8	6,7	59,1	27,8	0	arcilloso
Cocha s/n	Iberia		03/08/06	442983	8753304	negro	27,1	no	7,11	95,2	6,64	45,8	21,4	0	arcilloso
Río Tambopata	Infierno	Río Madre de Dios	10/11/07	476527	8593136	marrón	26,5	turbio	6,48	86	5,5	21,7	9,8	0	arcilloso
Río Las Piedras	Colpayo	Río Madre de Dios	16/11/07	474467	8635163	marrón claro	23,8	turbio	7,33	90,3	6,47	61,1	28,7	0	arenoso arcilloso
Río Inambari	Sarayacu	Río Madre de Dios	10/11/07	386736	8585273	marrón claro	26,4	turbio	7,75	99,2	5,52	45,4	21,4	0	arenoso pedregoso
Río Inambari	Puerto Mazuko	Río Madre de Dios	11/11/07			marrón claro	24,3	turbio	8,5	106	7,13	41,3	19,2	0	arenoso pedregoso

TABLA 8. Parámetros hidrológicos de las principales quebradas y lagunas reportados por el presente estudio.

Estación	Lugar	Fecha	X	y	Color	Transparencia	Tipo de fondo	Navegabilidad	Ancho agua	Profundidad	Área de Inundación
						%			m	m	
Qda. Matirí	puede	02/08/2006			negro	100	arcilloso	no	10	0,35	poca
Qda. Nareuda	puede	03/08/2006	442689	8750866	negro	100	areno arcilloso	no	5	0,6	poca
Cocha humedal	cruce	03/08/2006	443793	8747212	negro	no	arcilloso	canoa			
Cocha	cerca Iberia	03/08/2006	446325	8780720	negro	no	arcilloso	canoa			
Qda.	cerca Iberia	03/08/2006	455995	8738632	verdoso	no	areno arcilloso	no	2	0,2	poca
Qda.	cerca río Tahuamanu	03/08/2006	467187	8728294	marrón verdoso	no	areno arcilloso	no	4	0,35	poca
Qsa.	cerca río Tahuamanu	03/08/2006	467182	8728162	verdoso	no	areno arcilloso	no	4	0,5	poca
Qda.	cerca río Tahuamanu	03/08/2006	467952	8724784	negro	100	areno arcilloso	no	1,5	0,2	poca
Qda. Alerta	puede	03/08/2006	474759	8710578	verdoso	no	arcilloso	m	2	0,3	poca
Qda. Villa Rocío	cruce	03/08/2006	479826	8697394	negro	100	areno arcilloso	no	2	0,3	poca
Quebrada Adanrrayo	Altura puente	20/08/2008	242746	8585396	clara	100	pedregoso	no	2	0,10	50
Quebrada Mantilla	Altura puente	20/08/2008	244534	8589516	clara	100	pedregoso	no	10	0,15	30
Quebrada Mancilla II	Altura puente	20/08/2008	243831	8592098	clara	100	pedregoso	no	3	0,1	
Quebrada nn	Altura puente	20/08/2008	244051	8592192	clara	100	pedregoso	no	1	0,2	10
Quebrada José Olaya	Altura puente	20/08/2008	243905	8593794	clara	100	pedregoso	no	1,5	0,1	5
Quebrada Bayle	Altura puente	20/08/2008			clara	100	pedregoso	no	2	0,15	7
Quebrada nn	Altura puente	20/08/2008	245311	8597480	clara	100	pedregoso	no	5	0,2	8
quebrada Santa Cruz	Altura puente	20/08/2008			clara	100	pedregoso	no	0,5	0,05	5
Quebrada Yanamayo	Altura puente	20/08/2008	249424	8599468	turbio		pedregoso	no	1	0,1	5

4.2. Calidad del agua

Algunos parámetros de calidad del agua se reportan en las Tablas 9, 10 y 11. Según los análisis de calidad del agua realizada por el INADE (1998) de los cuerpos de agua de los ejes Puerto Maldonado - Mazuko y Puerto Triunfo - Tahuamanú no existe evidencia de peligro de salinidad ni peligro de agua sódica. Sin embargo, es de resaltar la característica ácida de los manantiales ubicados en la zona La Pastora (a 50 Km al oeste de Puerto Maldonado) y las cantidades altas de cationes y aniones de los ríos Tahuamanu y de Las Piedras.

Las aguas de los ríos del departamento de Madre de Dios tienden a presentar bajos contenidos de sales que se ven reflejados en los niveles de durezas, alcalinidad y cloruros.

TABLA 9. Parámetros químicos de los principales cuerpos de agua reportados por el presente estudio.

Estación		Río Yaverija	Laguna Chilina	Río Tahuamanu	Manuripe
Lugar		desembocadura	Santa Rosa	Puente Tahuamanu	Mavi1a
Fecha		02/08/2006	03/08/2006	03/08/2006	03/08/2006
X		437992	438088	466567	487212
Y		8787434	8767904	8732770	8681032
Alcalinidad total	mg/1	96	27	159	34
Dureza Total	mg/1	128,50	20,1	136,50	24,10
Cloruros	mg/1	2,00	N.O	N.O	N.O
N-Nitratos	mg/1	0,15	N.O	0,12	0,11
Boro total	mg/1	N.O	N.O	N.O	0,050
Calcio total	mg/1	20,43	7,058	38,53	6,97
Magnesio total	mg/1	5,993	2,412	10,16	2,656
Sodio total	mg/1	15,17	1,4	15,91	4,15

TABLA 10. Parámetros químicos de los principales cuerpos de agua reportados por el presente estudio.

Estación	Lugar	Afluente de	Fecha	X	y	Dureza	Alcalinidad	Amonio	Nitrato
						ppm	ppm	ppm	ppm
Río Madre de Dios	Río Heath	Río Madeira	08/11/07	537032	8618431	20	30	0,2	s/p
Río Madre de Dios	Puerto Maldonado	Río Madeira	08/11/2007	481384	8608026	45	35	3	s/p
Río Madre de Dios	Tres Islas	Río Madeira	15/11/2007	459194	8612978	28	36	3	s/p
Río Madre de Dios	Laberinto	Río Madeira	09/11/2007	435889	8593998	35	40	1	s/p
Río Heath	desembocadura	Río Madre de Dios	08/11/2007	537103	8616633	20	40	1,5	s/p
Río Tambopata	Infierno	Río Madre de Dios	10/11/2007	476527	8593136	40	30	0,6	s/p
Río Las Piedras	Colpayo	Río Madre de Dios	16/11/2007	474467	8635163	44	40	1,5	s/p
Río Inambari	Sarayacu	Río Madre de Dios	10/11/2007	386736	8585273	20	30	0,2	s/p
Río Inambari	Puerto Mazuko	Río Madre de Dios	11/11/2007			10	30	0,4	s/p
Río Jayave	Puente	Río Inambari	14/11/2007	372927	8572209	36	28	0,6	s/p
Río Huacamayo		Río Inambari	14/11/2007	399735	8585180	20	30	1	s/p
Río Manuripe	Mavila	Río Tahuamanu	16/11/2007	487170	8681087	48	24	3	s/p
Quebrada Planchón	Puente	Río Tahuamanu	16/11/2007			28	36	2	s/p
Quebrada Chonta	Puente	Río Tambopata	10/11/07	475333	8594812	10	20	0,2	s/p
Quebrada 1110	Puente	Río Jayave	14/11/2007	387052	8576105	24	16	1,5	s/p
Lago Valencia		Río Madre de Dios	08/11/2007	519367	8625308	35	40	1	0,1

TABLA 11. Parámetros químicos de los principales cuerpos de agua reportados por el presente estudio.

Estación	Lugar	Afluente de	Fecha	X	y	Nitrógeno amoniacal	Alcalinidad	Cloruros	Dureza	Sulfatos
						ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Río Alto Madre de Dios	Altura río Yaguaruna	Río Madre de Dios	18/08/2008	241024	8582442	0,2	20	8	4	0,2
Río Alto Madre de Dios	Altura río Carbón	Río Madre de Dios	20/08/2008	245950	8600962	0,2	24	8	22	0,2
Río Alto Madre de Dios	Zona Mamajapa	Río Madre de Dios	22/08/2008	258797	8607126	0,2	60	12	46	0,2
Río Alto Madre de Dios	Zona Mamajapa	Río Madre de Dios	22/08/2008	259454	8607734	0,2	40	15	40	0,2
Río Palotoa	desembocadura	Río Alto Madre de Dios	19/08/2008	245953	8600960	0,2	124	10	108	0,2
Quebrada Aguas Calientes	desembocadura	Río Alto Madre de Dios	21/08/2008	253168	8598588	0,2	100	14	76	0,2
Río Manu	desembocadura	Río Madre de Dios	22/08/2008	288679	8643350	0,2	112	12	114	0,2
Río Madre de Dios	Altura río Blanco	Río Madeira	24/08/2008	314304	8630850	0,2	73	11	72	0,2
Río Madre de Dios	Altura Poblado de Colorado	Río Madeira	25/08/2008	349043	8605316	0,2	80	12	72	0,2
Río Blanco	desembocadura	Río Madre de Dios	24/08/2008	314074	8630208	0,2	40	12	25	0,2
Río Chilive	desembocadura	Río Madre de Dios	24/08/2008	326428	8618228	0,2	32	12	20	0,2
Río Colorado	desembocadura	Río Madre de Dios	25/08/2008	347712	8605436	0,2	40	15	40	0,2

V. PROBLEMÁTICA DEL RECURSO HÍDRICO

Algunos cuerpos de agua del departamento de Madre de Dios se encuentran impactados por las actividades socioeconómicas que allí se desarrollan. Como consecuencia, los desechos domésticos de las ciudades y pequeños poblados son arrojados directamente al río sin previo tratamiento. El principal foco de contaminación orgánica lo constituye la ciudad de Puerto Maldonado cuyas aguas residuales son vertidas directamente a los ríos Madre de Dios y Tambopata. Información sobre los metales pesados en los principales cuerpos de agua del departamento de Madre de Dios se muestran en las Tablas 12, 13 y 14.

Las actividades auríferas que se realizan en los diferentes ríos del departamento de Madre de Dios, y que se encuentra en constante incremento, tienen consecuencias desastrosas para el medio ambiente y la conservación de la biodiversidad (Arana, 2003; Arana y Chang, 2005). Las actividades auríferas generan los siguientes impactos sobre los cuerpos de agua:

- Los movimientos de tierra de las riberas de los ríos para las canaletas captadoras de las partículas de oro. Esta acción está asociada a la desestructuración del suelo y erosión de las riberas de los ríos, destrucción total de la vegetación adyacente, destrucción de hábitats, alteración de los cauces del río por los procesos de erosión y sedimentación, aumento del volumen de sedimentos y modificación del lecho del río, tal como ocurre en las zonas de Caychive, Huaypetue, Colorado, Guacamayo, entre otros.
- Incremento del volumen de sedimentos en los ríos se produce una drástica reducción de los niveles de productividad primaria planctónica debido a la disminución de la actividad fotosintética y a la reducción de las poblaciones de algas. Asimismo, al alterarse el lecho de los ríos se produce el alejamiento, muerte y/o la alteración del ciclo biológico de muchas especies de camarones, moluscos, cangrejos, peces y reptiles.
- La contaminación por ruido, causando impacto directo sobre la fauna, propiciando el alejamiento de las especies hidrobiológicas, aves y fauna terrestre mayores que son el sustento de las poblaciones humanas asentadas adyacentes a las actividades de extracción de oro.
- La contaminación atmosférica, causada por las fuentes de emisión de hidrocarburos y, sobretudo, por los vapores de mercurio que se originan al quemar la amalgama con la finalidad de concentrar el oro. Los vapores de mercurio se impregnan y/o son inhalados directamente por los mineros. Finalmente, los vapores de mercurio que quedan en la atmósfera son llevados a los cursos de agua a través de las intensas lluvias que caen en la zona y se acumulan en la fauna ictiológica, principalmente.
- La contaminación del agua, causada por los desechos de hidrocarburos a lo largo de toda la zona de trabajo y, sobretudo, de mercurio en las áreas aledañas a las actividades de extracción de oro en los ríos Caychive, Huaypetue (Foto 10), Colorado, Guacamayo y otros. El mercurio metálico en el cuerpo de agua es transformado en diversas formas compuestas. Una de ellas, las sales de mercurio, son altamente corrosivas para el tracto digestivo y dañan los tejidos suaves como el hígado y riñones. Sin embargo, en la forma de metilmercurio es aún más perjudicial para la salud humana, pudiendo comprometer seriamente el sistema nervioso central causando daños irreversibles, así como, ceguera y desorden mental. El metilmercurio interfiere en la formación de las células trayendo consigo anomalías genéticas. Este compuesto ingresa a la cadena alimenticia desde su base produciéndose su acumulación en los otros organismos de los diferentes niveles tróficos, pudiendo llegar al hombre en concentraciones peligrosas, por el proceso de bioacumulación cuando hay un consumo constante de productos contaminados con mercurio. Las personas contaminadas con mercurio sufren de mareos, cólicos, vómitos, irritación de las encías, deficiencia de la vista, dolores de riñón y uretra, dificultad en el habla y pérdida de la concentración (Llosa, 1995).

Según los estudios de Grade (1994) alrededor de 30,000 personas trabajan en la actividad aurífera en la cuenca del río Madre de Dios. En este lugar se han empleado 90 tons de mercurio durante 8 años de actividad (IMA, 1995). Hasta 1995, el contenido de mercurio en los cuerpos de agua de la cuenca del Madre de Dios fue de 0.0006 a 0.0015 $\mu\text{g/l}$; estos valores están por debajo de los máximos permisibles (0.2 $\mu\text{g/l}$) establecidos por la Ley General de Aguas y el D.S N° 007-83-SA. Sin embargo, los niveles de mercurio en los sedimentos de la cuenca que son del orden de 0.107 a 0.358 $\mu\text{g/g}$, sobrepasan la concentración máxima permisible (0.1 $\mu\text{g/g}$) establecida para estos casos. De acuerdo a Ascorra (2006) el nivel de extracción de oro en Madre de Dios - basándonos en las cifras oficiales- entre 1990 y 2003 fue de un total de ciento treinta y seis toneladas de oro. Considerando la proporción 2:1 de mercurio utilizado, se habrían vertido al ambiente un total de 272 toneladas de mercurio en un lapso de sólo 14 años y considerando las cifras oficiales, es decir las declaradas. En este contexto, se ha determinado que muchos cuerpos de agua aledaños a la actividad aurífera se encuentran contaminados por altas concentraciones de mercurio, tal es el caso del río Malinowski se encuentra contaminado con altas concentraciones de mercurio en el agua y sedimentos.



Foto 10. Vista de los impactos de la actividad aurífera en el río Huepetuhe.

El recurso humano de la cuenca de Madre de Dios dedicado a la explotación del oro también se encuentra perjudicado. El IMA (1995) encontró niveles de mercurio en la sangre de las personas que varían de 0.1 a 12 $\mu\text{g/Kg}$, siendo la concentración máxima permisible para el ser humano de 10 $\mu\text{g/Kg}$.

En el presente estudio se ha determinado que algunos metales que son tóxicos para la salud humana se encuentran por encima de los estándares nacionales de calidad ambiental para agua de acuerdo al DS. N° 002-2008- MINAM. Por ejemplo el contenido de plomo y mercurio en agua, este último usado durante el proceso de extracción de oro, se encuentran en concentraciones superiores a las estimadas para la Categoría 1 (Agua de uso poblacional y recreacional), en varias estaciones de muestreo. Por otro lado, plomo y mercurio se encuentran en concentraciones elevadas en todas las estaciones para la Categoría 4 (Agua para la conservación del ambiente acuático).

TABLA 12. Metales pesados en los principales cuerpos de agua reportados por el presente estudio).

Estación	Lugar	Fecha	X	y	Cu	Fe	Cd	Pb	Hg
					mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	ppb
Río Madre de Dios	Río Heath	08/11/2007	537032	8618431	0,004	0	< 0.1	0,035	2,8
Río Madre de Dios	Puerto Maldonado	08/11/2007	481384	8608026	0,005	0,01	< 0.1	0,022	2,6
Río Madre de Dios	Tres Islas	15/11/2007	459194	8612978	0,002	0,002	< 0.1	0,001	2,6
Río Madre de Dios	Laberinto	09/11/2007	435889	8593998	0,002	0,001	< 0.1	0,007	2,6
Río Heath	desembocadura	08/11/2007	537103	8616633	0,007	0,028	< 0.1	0,045	2,7
Río Tambopata	Infierno	10/11/2007	476527	8593136	0,001	0	< 0.1	0,013	2,7
Río Las Piedras	Colpayo	16/11/2007	474467	8635163	0,004	0,006	< 0.1	0,023	2,6
Río Inambari	Sarayacu	10/11/2007	386736	8585273	0,002	0,007	< 0.1	0,001	2,6
Río Inambari	Puerto Mazuko	11/11/2007			0,001	0,004	< 0.1	0,007	2,6
Huepetuhe	Huepetuhe				0,001	0	< 0.1	0,018	2,6
Río Jayave	Puente	14/11/2007	372927	8572209	0,002	0,001	< 0.1	0,051	2,7
Río Huacamayo		14/11/2007	399735	8585180	0,004	0,065	< 0.1	0,03	2,6
Río Manuripe	Mavila	16/11/2007	487170	8681087	0,004	0,344	< 0.1	0,016	2,6
Quebrada Planchón	Puente	16/11/2007			0,006	0,456	< 0.1	0,032	2,6
Quebrada Chonta	Puente	10/11/07	475333	8594812	0,003	0,347	< 0.1	0,033	2,5
Quebrada 110	Puente	14/11/2007	387052	8576105	0,001	0,065	< 0.1	0,038	2,7
Lago Valencia		08/11/2007	519367	8625308	0,003	0,062	< 0.1	0,031	2,8
ENCAA Categoría 1*					2	0,3	0,003	0,01	1
ENCAA Categoría 4**					0,02		0,004	0,001	0,1

(*): Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua Categoría 1: Poblacional y Recreacional. DS N° 002-2008-MINAM.

(**): Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua Categoría 4: Conservación del ambiente acuático. DS N° 002-2008-MINAM.

TABLA 13. Metales pesados en los principales cuerpos de agua reportados por el presente estudio).

Estación	Lugar	Fecha	X	y	Pb	Cd	Fe	Cu
					ppm	ppm	ppm	ppm
Río Alto Madre de Dios	Altura río Yunguyo	18/08/2008	241024	8582442	0.0149 ± 0.0043	0.0006 ± 0.0001	3.515 ± 0.770	0.009 ± 0.001
Río Alto Madre de Dios	Altura río Carbón	20/08/2008	245950	8600962	0.0152 ± 0.0065	0,0002	0.705 ± 0.035	0.021 ± 0.007
Río Alto Madre de Dios	Zona Aguas Calientes	22/08/2008	258797	8607126	0.0040 ± 0.0009	0.0013 ± 0.0003	0.463 ± 0.001	0,004
Río Alto Madre de Dios	Zona Mamajapa	22/08/2008	259454	8607734	0.0063 ± 0.0028	0.0019 ± 0.0001	0.739 ± 0.003	0.006 ± 0.001
Río Palotoa	desembocadura	19/08/2008	245953	5600960	0.0156 ± 0.0064	0.0005 ± 0.0001	10.987 ± 0.649	0.010 ± 0.001
Quebrada Aguas Calientes	desembocadura	21/08/2008	253168	8598588	0.0122 ± 0.0035	0.0016 ± 0.0002	0.541 ± 0.001	0.006 ± 0.001
Río Manu	desembocadura	22/08/2008	288679	8643350	0.0093 ± 0.0027	0.0015 ± 0.0001	3.229 ± 0.012	0,007
Río Madre de Dios	Altura río Blanco	24/08/2008	314304	8630850	0.0014 ± 0.0001	0.0012 ± 0.0001	3.681 ± 0.021	0.007 ± 0.001
Río Madre de Dios	Altura Poblado de Colorado	25/08/2008	349043	8605316	0.0014 ± 0.0001	0.0012 ± 0.0001	3.927 ± 0.012	0,007
Río Blanco	desembocadura	24/08/2008	314074	8630208	0.0081 ± 0.0019	0.0016 ± 0.0001	1.719 ± 0.094	0,005
Río Chilive	desembocadura	24/08/2008	326428	8618228	0.0015 ± 0.0003	0.0018 ± 0.0001	1.691 ± 0.014	0.007 ± 0.001
Río Colorado ENCAA Categoría 1* ENCAA Categoría 4**	desembocadura	25/08/2008	347712	8605436	0.0051 ± 0.0015 0,01 0,001	0.0018 ± 0.0001 0,003 0,004	5.825 ± 0.038 0,3	0.010 ± 0.001 2 0,02

(*): Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua Categoría 1: Poblacional y Recreacional. DS N° 002-2008-MINAM.

(**): Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua Categoría 4: Conservación del ambiente acuático. DS N° 002-2008-MINAM.

TABLA 14. Metales pesados en los principales cuerpos de agua reportados por el presente estudio).

Estación	Lugar	Fecha	X	y	Mg	Na	Cr	Hg
					ppm	ppm	ppm	ppb
Río Alto Madre de Dios	Altura río Yunguyo	18/08/2008	241024	8582442	0.828 ± 0.001	7.173 ± 0.146	0.0093 ± 0.0002	0.854 ± 0.058
Río Alto Madre de Dios	Altura río Carbón	20/08/2008	245950	8600962	2.288 ± 0.004	12.283 ± 0.165	0.0082 ± 0.0005	0.804 ± 0.061
Río Alto Madre de Dios	Zona Aguas Calientes	22/08/2008	258797	8607126	2.448 ± 0.001	12.512 ± 0.053	0.0123 ± 0.0016	0.645 ± 0.072
Río Alto Madre de Dios	Zona Mamajapa	22/08/2008	259454	8607734	2.294 ± 0.007	13.675 ± 0.053	0.0316 ± 0.0029	0.848 ± 0.050
Río Palotoa	desembocadura	19/08/2008	245953	5600960	5.004 ± 0.002	14.983 ± 0.327	0.0089 ± 0.0018	1.740 ± 0.044
Quebrada Aguas Calientes	desembocadura	21/08/2008	253168	8598588	4.127 ± 0.032	12.757 ± 0.138	0.0035 ± 0.0010	1.975 ± 0.067
Río Manu	desembocadura	22/08/2008	288679	8643350	5.043 ± 0.002	10.993 ± 0.263	0.0068 ± 0.0011	0.785 ± 0.067
Río Madre de Dios	Altura río Blanco	24/08/2008	314304	8630850	3.567 ± 0.017	9.122 ± 0.107	0.0104 ± 0.0010	0.645 ± 0.072
Río Madre de Dios	Altura Poblado de	25/08/2008	349043	8605316	3.543 ± 0.006	11.190 ± 0.048	0.0076 ± 0.0011	1.848 ± 0.057
Río Blanco	desembocadura	24/08/2008	314074	8630208	2.060 ± 0.004	8.062 ± 0.028	0.0035 ± 0.0009	1.810 ± 0.033
Río Chilive	desembocadura	24/08/2008	326428	8618228	1.575 ± 0.003	8.777 ± 0.218	0.0041 ± 0.0016	2.266 ± 0.119
Río Colorado ENCAA Categoría 1* ENCAA Categoría 4**	desembocadura	25/08/2008	347712	8605436	2.245 ± 0.007	4.307 ± 0.136	0.0114 ± 0.0025 0.05	0.544 ± 0.050 1 0,1

(*): Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua Categoría 1: Poblacional y Recreacional. DS N° 002-2008-MINAM.

(**): Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua Categoría 4: Conservación del ambiente acuático. DS N° 002-2008-MINAM.

VI. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- APODESA. 1990. Estudio SIG de la Superficie Intervenida en Áreas de la Selva Alta. Lima: INADE.
- Arana, C. M. 2003. Impacto ambiental por minería en las zonas de amortiguamiento de la Reserva Nacional Tambopata. Documento de consultoría. 56 p.
- Arana, C.M. y Chamg, O.J. 2005. Evaluación de los pasivos ambientales de la minería del río Malinowski en la Reserva Nacional Tambopata y su zona de amortiguamiento. Informe de Consultoría. Puerto Maldonado, 53 p.
- Arrignon, J. 1979. Ecología y Piscicultura de aguas dulces. Ediciones Mundi- Prensa, Madrid. 365 p.
- Ascorra, C. 2006. Consecuencias de la contaminación por mercurio en el ambiente y en la salud humana. Primer Seminario Taller "Agua, Salud Humana y Minería" Vicariato Apostólico de Puerto Maldonado Puerto Maldonado, 25 de agosto de 2006
- Avalos, Q.S. 1988. Reconocimiento y evaluación de quebradas que ofrezcan posibilidades para el desarrollo de la piscicultura en Madre de Dios. Evaluación de recursos biológicos de Madre de Dios. IIAP- CORDEMAD. 17 p.
- Azabache, L.; P.B. Bayley; H. Guerra; G. HANEK; D. Levieil; V. Montreuil; A.
- Nájar; E. pazos; R. shulz Y M. Villacorta. 1982. La Pesquería en la Amazonia Peruana: Presente y Futuro. Hanek, G. (ed.). FAO, Documento de Campo 2. 86 p.
- Barbieri N., G. 2006. Inventario Rápido de los cuerpos de agua en la Carretera Interoceánica, Tramo Acre-Masuco, antes de la pavimentación. Informe Final, enero-marzo. Asociación para la Conservación de la Cuenca Amazónica.
- Campos, B. L.; Montreuil, F.V Y avalos, Q.S. s/f. Diagnóstico de la pesquería en Madre de Dios. IIAP-CORDEMAD. 38 p.
- COMISION MIXTA DE COOPERACION AMAZONICA PERUANO- BRASILEÑA 1992. Programa de Desarrollo Integrado de las Comunidades Fronterizas Peruano-Brasileñas. Diagnostico regional integrado. Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos. Secretaria ejecutiva para Asuntos Económicos y Sociales Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente. Washington, D.C. 126 p. CTAR-MDD (CONSEJO TRANSITORIO DE ADMINISTRACIÓN REGIONAL - MADRE DE DIOS). 1998. Propuesta de Ordenamiento Territorial de la Provincia del Manu. Puerto Maldonado. Documento de Trabajo.
- Envirolab-Perú S.A:C. 2006. Informe de Ensayo N° 608068. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. 6 p.
- Furch, K. y Junk, W.J. 1997. Physicochemical conditions in Floodplains. In: Ecological Studies, Vol. 120. Junk (ed) The Central Amazon Floodplain. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 69-108.
- Geisler, R.; Koppel, H.A. y Sioli, H. 1973. The ecology of freshwater fishers in Amazonia: Present status and future task for research. Applied Sciences and Development (2). 144-62.

- GESUREMAD (GERENCIA SUBREGIONAL DE DESARROLLO - MADRE DE DIOS). 1998. Diagnóstico del departamento de Madre de Dios. Volumen I. Plan de Desarrollo Integral de Madre de Dios. Gerencia Sb - Regional de Madre de Dios. Puerto Maldonado. 233 p. anexos.
- Guerra, H. 2000. Actividad Pesquera, Plan de Manejo. Informe de Consultoría para la Zonificación Ecológica Económica de la Región Madre de Dios (ZEE MDD). Iquitos: IIAP. (Inédito)
- Hardy, E. 1978. Compasión do zooplankton en cinco lagos da Amazonia Central. Tese de Mestrado. INPA-FUA. 148 p.
- IIAP. 2000. Zonificación Ecológica Económica de la Región Madre de Dios. Volumen II: Medio Físico. CTAR Madre de Dios. Puerto Maldonado, 161 p.
- IIAP - WWF. 1999. Visión y estrategias para la conservación de la biodiversidad. Volumen II. Proyecto de Bosques Inundables y Ecosistemas Acuáticos de Várzea e Igapó - División Perú. Informe final. 169 p.
- INADE (Instituto Nacional de Desarrollo). 1998. Macrozonificación del ámbito integrado peruano-boliviano. Cooperación OEA-INADE. Lima.
- INADE. 2002. Proyecto Especial Madre de Dios. Volumen II - Diagnostico del Área Iberia - Iñapari. Informe Final. Plan de Ordenamiento Territorial Iberia - Iñapari. Lima - Perú. 289 p.
- INGEMMET. 1998. Geología de los cuadrángulos del río Acre, San Lorenzo, Puerto Lidia, río Manuripe, Mavila, Santa María, Valencia, Palma Real y río Heath. Lima - Perú. 190 p.
- INRENA (INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES). 1994. Zonificación Ecológica económica Yaco. Iberia e Iñapari. INRENA-OEA, Vol. 1. INRENA - OEA. 1994. Zonificación Ecológica - Económica Yaco-Iñapari Madre de Dios. Iñapari. Lima - Perú.
- INRENA - OEA. 1998. Zonificación Ecológica-Económica Yaco-Iñapari e Iberia-Iñapari Madre de Dios. Perú.
- Junk, W.J. Y Furch, K. 1985. The physical and chemical properties of Amazonian waters and their relationships with the biota. In Key Enviroments Amazonia. Prance, G.T. y Lovejoy, T.E. (eds.): 3-18.
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes. 1991. Guía para la elaboración de estudios del medio físico: contenido y metodología. Tercera Edición, España. (Aguilo et al).
- Municipalidad Provincial de Tahuamanu. 1997. Plan estratégico de desarrollo, Tahuamanu 2010. Documento de trabajo. Yahuanu - Madre de Dios - Perú.
- ONERN. 1997. Inventario, Evaluación e Integración de los Recursos Naturales de la zona Iberia - Iñapari. Lima - Perú.
- ONERN. 1984. Estudio de Evaluación de Recursos Naturales y Plan de Protección ambiental, Parte 1. 355 p.
- Plan estratégico concertado de desarrollo de madre de dios, 2002 al 2011. Servicio Nacional de Hidrografía Naval. 2008. Análisis comportamiento hidrológico Cuencas: Amazonas y Del Plata, al 08 de Febrero/08. Análisis del Comportamiento Hidrológico Red Hidrométrica del SNHN. , MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL, BOLIVIA, 11 p.

Sioli, H. 1968. Hydrochemistry and Geology en the Brazilian Amazon region. Rev. Amazoniana 1 (3): 267-277.

Sioli, H. 1984. The Amazon. Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin. Dr. Junk Publishers, Dordrecht. 763 p.

WALSH. Interconexión vial Iñapari-Puerto Marítimo del Sur, Tramo 111 (Etapa I).

ANEXO

TABLA 1. Características hidrológicas de los principales ríos de la cuenca del río Madre de Dios del departamento de Madre de Dios. Abril-Mayo, 1999.

Zona de muestreo	Tipo de fondo	Velocidad media m/s	Velocidad Máxima m/s	Caudal m ³ /s
RÍO MADRE DE DIOS -Rompeolas -Cinco Islas	Arcillo- pedregoso	0.952 1.166 ⁽¹⁾	1.066 2.786 ⁽¹⁾	9,281 ⁽²⁾
- Margen Derecha:				
Río Inambari - Mazuko Río Jayavi	Pedregoso Arcilloso	0.275	0.283	4.88
RíoTambopata -desembocadura - Caserío Chonta Río Malinowski	Arcillo- pedregoso	0.978 0.619	1.456 0.824	4,950 ⁽²⁾ 3,938 ⁽²⁾
- Margen Izquierda:				
Río De Los Amigos	Arcillo- pedregoso			
Río De Las Piedras	Arcillo- pedregoso	1.536	1.731	
Río Manuripe	Areno- arcilloso	0.599	0.675	
Río Muyumanu	Areno- arcilloso			
Río Tahuamanu	Areno- arcilloso	0.564	0.827	
Río Acre - Iñapari	Areno- arcilloso	1.748	0.898	60.59
Río Yaverija - Iñapari	Arcilloso	0.581	0.618	19.37

(1): Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina 1987.

(2): IMA 1997.

TABLA 2. Características hidrológicas de los pequeños cursos de agua de la cuenca del río Madre de Dios del departamento de Madre de Dios. Abril- Mayo, 1999.

Zona de muestreo	Tipo de fondo	Velocidad media m/s	Velocidad máxima m/s	Caudal m³/s
RIO MADRE DE DIOS				
Qda. Malecón	Arenoso			
Qda. Gamitana	Arcilloso	0.279	0.294	7.91
RIO TAMBOPATA				
Qda. Cascajal	Arcilloso	1.165	1.258	5.5
CARRETERA PTO. MALDONADO- IÑAPARI				
Qda. Loboyoc	Arenoso			
Qda. Planchón	Arenoso			
Qda. Malecón	Arenoso			
Qda. Nohaya	Arenoso	0.315	0.428	1.42
Qda. Primavera	Arenoso	0.378	0.580	2.04

TABLA 3. Navegabilidad de los ríos y quebradas de la zona de estudio en relación al tipo de embarcación.

Ambiente acuático	Bote peque peque 8-10 HP	Bote motor 40 a 65 HP 1m calado	Bote Deslizador	Botes de 2m calado
RÍO MADRE DE DIOS - Vaciante - Creciente	X X	X X	X X	X
Río Colorado	X	X	X	
Río Inambari		X		
Río Tambopata	X	X	X	
Río Heath	X		X	
Río De Las Piedras	X	X	X	
Río Tahuamanu Río Muyumanu Río Manuripe Río Mavila	X X X X		X X X X	
Río Acre Río Yaverija	X X		X X	
Río Alto Madre de Dios	X	X	X	
Río Manu	X	X	X	

TABLA 4. Parámetros físicos y químicos de los cuerpos de agua negra de la cuenca del Río Madre de Dios.

Lugar	Río Muyumanu	Qbrada. Malecón	Qbrada. Planchon	Qbrada. Loboyoc	Qbrada. Union Progreso	Qbda. Sabaloshayuc	Qbrada. Cascajal
Zona	carretera a Iberia	carretera a Iberia	Carretera a Iberia	Carretera a Iberia	carretera a Mazuko	carretera a Mazuko	río Tambopata
Fecha	02/05/99	03/05/99	03/05/99	03/05/99	04/05/99	05/05/99	27/04/99
Hora	18:00	09:30	11:10	12:00	11:00	09:00	11:05
Temperatura aire °C		26				26	29
Temperatura del agua °C		24				24	24
Conductividad umhos/cm	40	10	10	10	0,9		20
Color aparente	Negro	Negra	Negra	Negra	Negra	Negro	Negro
Transparencia cm		148	100	150	103	102	22
O ₂ disuelto		5	5	5	7	4	9
Cloruros mg/l	15	15	10	10		15	15
PH	7	6,25	6	7	6 - 6,5	5,5	6,5
Dureza total mg/l CaCO ₃		22,8	5	7		4,3	17,1
NH ₃ mg/l	0,6	0,4	0,05	0,02	0,2	0,7	0,8 mg/l
N ₀₂ mg/l	<0,05	<0,05			<0,05	<0,05	<0,05
Alcalinidad total mg/l HCO ₃	25	16			12	12	20
CO ₂ mg/l	1,5				4	9	7
Bario mg/l	<0,05	0,24			<0,05	<0,05	
Cadmio mg/l	<0,005	<0,005	0,004	0,002	<0,005	<0,005	
Cromo m/l	<0,02	<0,02			<0,02	<0,02	
Mercurio mg/l	<0,001	<0,001			<0,001	<0,001	
Plomo mg/l	<0,03	<0,03	0,045	0,045	<0,03	<0,03	
Solidos totales disueltos mg/l		60			60		

Tomado de IIAP-CTAR Madre de Dios, 2000

TABALA 5. Parámetros físicos y químicos de los cuerpos de agua blanca e intermedia de la cuenca del Río Madre de Dios.

Lugar	Río Madre de Dios	Río Madre de Dios	Río de las Piedras	Río Tambopata	Río Inambari	Río Jayavi
Zona	Rompe Olas	Laberinto		Cas. Chonta	Mazuko	Puente
Fecha	29/04/99	04/05/99	29/04/99	27/04/99	04/05/99	05/05/99
Hora	14:00	11:00	10:00		17:05	06:30
Temperatura del aire °C	28	26	29		22	24
Temperatura del agua °C	25	24	26	28	26	23,5
Conductividad umhos/cm	130	100	130	60	40	40
Color aparente	Marrón	Marrón	Marrón	Marrón	Marrón	Marrón
Transparencia cm	24	16	25	26	24	
O ₂ disuelto	7	8	8	9	9	8
Cloruros mg/l	20	15	20	15	15	15
PH	7,8	7 - 7.5	7,4	7	7	7
Dureza total mg/l CaCO ₃	51,3	25,7	51,3	25,7	21,4	17,1
NH ₃ mg/l	0,2		0,2	0,8	0,4	0,2
NO ₂ mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Alcalinidad total mg/l HCO ₃	60		56	18	21	22
CO ₂ mg/l			18		5	4
Bario mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Cadmio mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Cromo mg/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Mercurio mg/l	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Plomo mg/l	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Sólidos totales disueltos mg/l	105	105	138	60	80	

Tomado de IIAP-CTAR Madre de Dios, 2000

TABLA 6. Parámetros físicos y químicos de los cuerpos de agua intermedia de la cuenca del Río Madre de Dios. Carretera a Iñapari.

Lugar	Río Tahuamanu	Qbrda. Primavera	Río Manuripe	Qbrda. Noaya	Río Yaverija	Río Acre
Fecha	202/05/99	01/05/99	03/05/99	02/05/99	01/05/99	01/05/99
Hora	15:45	17:00	08:00	10:25		
Temperatura de1 aire °C	27	25	29	23	25	27
Temperatura de1 agua °C	26	29	30	24	25	26
Conductividad umhos/cm	120	90	40	110	130	140
Color aparente	Marrón	Verdoso	Marrón	Marrón	Marrón	Marrón
Transparencia cm	10	25	23	33	11	8
%		25			11	5
O ₂ disuelto	8	8	7		7	8
Cloruros mg/1	15	15	15	15	15	20
Ph	7,2	7,4	7	7,2	7	7,5
Dureza total mg/1 CaCO ₃	77	34,2	17,1	59,9	51,3	77
NH ₃ mg/1	1	0,2	0,8	1	1	0,6
NO ₂ mg/1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Alcalinidad total mg/1 HCO ₃	62	52	25	66	68	8,6
CO ₂ mg/1	5,5	7		6,5	8	32
Bario mg/1	<0,05		<0,05	<0,05	<0,05	
Cadmio mg/1	<0,005		<0,005	<0,005	<0,005	
Cromo mg/1	<0,02		<0,02	<0,02	<0,02	
Mercurio mg/1	<0,001		<0,001	<0,001	<0,001	
Plomo mg/1	<0,03		<0,03	<0,03	<0,03	
Sólidos totales disueltos mg/1	200		97		180	

Tomado de IIAP-CTAR Madre de Dios, 2000

TABLA 7. Parámetros físicos y químicos de los principales ambientes lénticos de la cuenca del Río Madre de Dios.

COCHAS	Vue1ta Grande	Inambari11o	Arequé	Los Amigos	San Juan Grande	Túpac Amaru	Tres Chimbadas
PH	7,4	7,1	6,9	6,6	6,7	6,8	6,9
Conductividad (MS/cm)	135	150	220	150	180	100	165
Turbidez (NTU)	10	8	10	9	7	24	7
% de saturación O ₂ (%)	120	110	150	120	150	102	150
Alcalinidad total (mg/1 CaCO ₃)	67,2	57,6	106	67,2	96	38,4	38,4
Dureza total (mg/1 CaCO ₃)	71,3	85,5	128	85,5	99,8	46,3	99,8
Acidez total (mg/1 CO ₂)	4,8	4,8	9,6	14,4	14,4	9,1	4,8
Cloruros (mg/1 Cl)	1,1	1,1	0,7	0,71	0,7	1,1	0,7
Amonio (mg/1 NH ₄)	trazas	trazas	trazas	trazas	trazas	trazas	trazas
Nitrato (mg/1 NO ₃)	0,11	0,12	0,1	0,1	0,12	0,09	0,11
Fosfato (mg/1 HP0 ₄)	0,05	0,06	0,04	0,06	0,05	0,08	0,06
Sulfato (mg/1 SO ₄)	10,1	26	5	5	10	12	58
TOC (mg/1)	19	22	11	21	30	35	25
Oxígeno disuelto (mg/l)	10,5	9,5	32	32	11,4	8,6	11,4

TCO= carbono orgánico total

Fuente: IMA 1997.

TABLA 8. Calidad de las aguas del eje Puerto Maldonado - Mazuko.

	CHIFO-RONGO	INMABARI	DOS DE MAYO	JAYAVE	YARINAL	MAN. PASTORA	MISSISSIPI
CE (umhos/cm)	20	10	40	10	10	20	10
PH	6.38	5.37	7.00	6.21	5.89	3.91	6.45
Ca1cio (meq/1)	0.095	0.050	0.150	0.012	0.050	0.100	0.030
Magnesio (meq/1)	0.016	0.010	0.000	0.008	0.020	0.050	0.020
Sodio (meq/1)	0.060	0.020	0.210	0.055	0.030	0.050	0.060
Potasio (meq/1)	0.050	0.020	0.030	0.030	0.015	0.030	0.020
Suma de cationes	0.221	0.100	0.390	0.105	0.115	0.230	0.130
Cloruro (meq/1)	0.080	0.010	0.090	0.030	0.030	0.100	0.030
Sulfato (meq/1)	0.060	0.070	0.020	0.020	0.030	0.000	0.030
Bicarbonato (meq/1)	0.120	0.040	0.300	0.080	0.080	0.150	0.080
Nitratos (meq/1)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Carbonatos (meq/1)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Suma de aniones	0.260	0.120	0.410	0.130	0.140	0.250	0.140
SAR	0.250	0.100	0.760	0.550	0.160	0.180	0.380
Boro	0.000	0.170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Clasificación	C1-S1	C1-S1	C1-S1	C1-S1	C1-S1	C1-S1	C1-S1

Fuente: INADE 1998.

TABLA 9. Calidad de las aguas del eje Puerto Triunfo - Tahuamanú.

	TAHUA-MANU	MUYU-MANU	MANU-RIPE	LOBOYOC	LAS PIEDRAS	TAMBO-PATA	MADRE DE DIOS
CE (umhos/cm)	240	40	40	40	160	40	50
PH	7.80	7.11	6.43	6.94	5.61	4.83	7.09
Ca1cio (meq/1)	1.300	0.190	0.210	0.024	0.800	0.250	0.300
Magnesio (meq/1)	0.520	0.060	0.018	0.010	0.250	0.090	0.030
Sodio (meq/1)	0.690	0.110	0.127	0.340	0.650	0.090	0.110
Potasio (meq/1)	0.090	0.060	0.050	0.040	0.070	0.020	0.060
Suma de cationes	2.600	0.420	0.405	0.414	1.770	0.450	0.500
Cloruro (meq/1)	0.500	0.050	0.100	0.080	0.200	0.100	0.100
Sulfato (meq/1)	0.020	0.080	0.060	0.040	0.050	0.010	0.020
Bicarbonato (meq/1)	2.100	0.300	0.300	0.300	1.500	0.300	0.400
Nitratos (meq/1)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.00	0.000
Carbonatos (meq/1)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Suma de aniones	2.620	0.430	0.450	0.420	1.750	5.410	0.520
SAR	0.720	0.310	0.380	2.610	0.900	0.220	0.270
Boro	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Clasificación	C1-S1	C1-S1	C1-S1	C1-S1	C1-S1	C1-S1	C1-S1

Fuente: INADE 1998.

TABLA 10. Calidad de las aguas del eje Puerto Triunfo - Tahuamanú.

	TAHUA-MANU	MUYU-MANU	MANU-RIPE	LOBOYOC	LAS PIEDRAS	TAMBO-PATA	MADRE DE DIOS
CE (umhos/cm)	240	40	40	40	160	40	50
PH	7.80	7.11	6.43	6.94	5.61	4.83	7.09
Ca1cio (meq/1)	1.300	0.190	0.210	0.024	0.800	0.250	0.300
Magnesio (meq/1)	0.520	0.060	0.018	0.010	0.250	0.090	0.030
Sodio (meq/1)	0.690	0.110	0.127	0.340	0.650	0.090	0.110
Porasio (meq/1)	0.090	0.060	0.050	0.040	0.070	0.020	0.060
Suma de cationes	2.600	0.420	0.405	0.414	1.770	0.450	0.500
Cloruro (meq/1)	0.500	0.050	0.100	0.080	0.200	0.100	0.100
Sulfato (meq/1)	0.020	0.080	0.060	0.040	0.050	0.010	0.020
Bicarbonato (meq/1)	2.100	0.300	0.300	0.300	1.500	0.300	0.400
Nitratos (meq/1)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.00	0.000
Carbonatos (meq/1)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Suma de aniones	2.620	0.430	0.450	0.420	1.750	5.410	0.520
SAR	0.720	0.310	0.380	2.610	0.900	0.220	0.270
Boro	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Clasificación	C1-S1	C1-S1	C1-S1	C1-S1	C1-S1	C1-S1	C1-S1

Fuente: INADE 1998.

TABLA 12. Niveles de mercurio en agua, sedimentos, peces y hombre de la cuenca del río Madre de Dios.

LUGAR	AGUA µg/l	SEDIMENTOS DEL LECHO µg/g	PECES µg/g	HOMBRE µg/Kg	FUENTE
Río Távara	0.0007				CI, 1994
Río Malinovski	0.0007				
Río Inambari	0.0007				
Río Tambopata	0.0006				
Río Colorado	0.0015	0.107			Mora, 1995
Río Madre de Dios	0.0013	0.358			
Inambari	0.0013	0.264			
Tambopata	0.0008	0.156			
Río Huaypetue	1.9				Ministerio de Salud, 1994
Río Huaypetue		0.0186	0.0786		Mosqueira, 1995
Río Colorado	0.06				Ministerio de Salud, 1994
Río Colorado		0.0356	0.024		Mosqueira, 1995
Río Inambari		0.0264			Mosqueira, 1995
Río Madre de Dios		0.041	0.0205		Mosqueira, 1995
Río Tambopata		0.156			Mosqueira, 1995
Puerto Maldonado			0.019		Mora, 1995
Puerto Maldonado			0.026-0.790		IMA, 1995
Área de Madre de Dios			0.004-1.095		Deza, 1996
Madre de Dios				0.1-12.0	IMA, 1995

Máximos permisibles: Agua=2 µg/l (WHO=1 µg/l); sedimentos=0.1 µg/g; peces=0.5 µg/g; sangre humana=10 µg/Kg.