



SAN MARTÍN

Conociéndote mejor...
Para quererte más.



CONVENIO DE COOPERACIÓN ENTRE EL PROYECTO ESPECIAL ALTO MAYO (PEAM)
Y EL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE LA AMAZONIA PERUANA (IIAP)

Zonificación Ecológica Económica del Alto Mayo

INFORME TEMÁTICO

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
2.2.1. Fase preliminar de gabinete.....	6
2.2.2. Fase de campo.....	6
2.2.3. Fase de gabinete.....	6
III. HIDROGRAFÍA DE LA CUENCA ALTA DEL RIO MAYO	8
3.1. Descripción de la cuenca e hidrología	8
3.2. Régimen hidrológico.....	18
3.3. Física y química del agua	24
3.4. Tipificación de los cuerpos de agua.....	30
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

PRESENTACIÓN

El presente documento constituye el informe final del estudio de la cuenca hidrográfica del río Alto Mayo. Forma 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 de la cuenca del Alto Mayo.

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 Asimismo, integrado con el estudio de suelos, fisiografía y geología 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 del material bibliográfico existente sobre el tema y de imágenes de satélite Landsat TM y ETM y de imágenes de radar Nasda Jers-1 SAR, complementado con trabajos de campo en dos oportunidades. La escala de trabajo fue de 1:100,000.

RESUMEN

La red hidrológica de la cuenca hidrográfica del río Alto Mayo comprende un sector de la cuenca del río Huallaga Central con una extensión de 794,023 ha (Mapa de ubicación). Sus tributarios principales de la margen izquierda tienen sus nacientes en territorios de la Cordillera Oriental, algunos de ellos a más de 4,000 m.s.n.m; mientras que los principales tributarios de la margen derecha nacen en la Cordillera Sub-Andina a unos 2,000 m.s.n.m. Sin embargo, los valles formados en las partes media y baja de los principales ríos de la zona de estudio, presentan altitudes que no sobrepasan los 1,000 m.s.n.m.

En su recorrido el río Alto Mayo atraviesa territorios montañosos, colinosos y extensas planicies. Entre la Cordillera Oriental y la Cordillera Sub-Andina se presentan planicies que representan a valles amplios donde el curso del Alto Mayo es de forma meándrica con presencia de pequeñas y escasas lagunas y áreas de inundación amplias.

En el área de estudio, el Alto Mayo tiene una longitud de 262 Km; Los sectores más anchos son de más de 150 m y se presentan en Marona y en el sector de Gobernador. Los sectores más estrechos son de 50 m y se presentan al cruzar las Cordilleras. La velocidad de corriente varía de media a muy rápida (0.41 m/s, en vaciante y de 1.163 m/s, en creciente).

Entre las principales tributarios se pueden citar: por la margen izquierda a las sub-cuencas de los ríos Yanayacu, Huasta, Cachiyacu, Avisado, Huascayacu y, por la margen derecha tenemos, principalmente, a las sub-cuencas de los ríos Serranoyacu; Naranjos, Naranjillo, Soritor, Yuracyacu, Negro, Tónchima, Indoche y Gera.

Las características físicas y químicas de los cuerpos de agua estudiados de la cuenca Alto Mayo reúnen condiciones adecuadas para el desarrollo de la vida acuática. Sin embargo, se deben tener en consideración las fuertes amenazas que se ciernen sobre los cuerpos de agua estudiados, especialmente. Los producidos por la deforestación y del uso indiscriminado de plaguicidas.

I. OBJETIVOS

Tipificar la red de drenaje y determinar las características hidrológicas básicas de los principales cuerpos de agua de la zona de estudio.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Materiales

Se utilizaron el material satelital y cartográfico siguientes:

- a. Mapas topográficos o cartas nacionales levantados por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), a escala 1:100 000 del año 1985 y actualizados recientemente.
- b. Imágenes de satélite Landsat TM5, TM7 de los años 1986, 1987, 1999 y 2003; y radar Jers-1 SAR del año 199.

Estas imágenes tienen la siguiente denominación:

Tabla 1. Lista de imágenes de satélites usadas para el presente trabajo

SATÉLITE	IMAGEN	FECHA	FUENTE
Land Sat	009_064	11/09/87 19/08/99	BIODAMAZ WWF
Land Sat	008_064	12/05/86 11/07/99	BIODAMAZ WWF
Land Sat	008_065	15/05/87 11/07/99	BIODAMAZ WWF

2.2. Métodos

El presente documento fue elaborado con base a la información obtenida en los trabajos de campo, complementada con los estudios realizados por el IIAP y otras instituciones, como los siguientes:

IIAP (1999), donde se realiza una descripción de la cuenca hidrográfica del sector de la Región San Martín, donde se incluye la cuenca del Alto Mayo, con fines de caracterizar el medio físico donde se desarrolla la especie ícticas exóticas; tales como; *Oreochromis niloticus*, “tilapia del nilo”, *Cyprinus carpio*, “carpa común”, *Macrobrachium rosenbergii*, “camarón de Malasia”, entre otras.

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 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 CAMPO

Se realizaron dos etapas de campo donde se realizaron muestreos de los principales cuerpos de agua con la finalidad de identificarlos y caracterizarlos. Se registró algunas características; tales como: tipo de curso, forma de las orillas, material de las orillas y fondo, velocidad de corriente, profundidad, caudal, coloración aparente, tipo de agua. Asimismo se indagó con respecto a la navegabilidad de los principales ríos. Cada lugar de muestreo fue debidamente georeferenciado, como aparecen en la Tabla 1. Las etapas de campo fueron las siguientes:

- a. Una etapa de reconocimiento de gran parte de la Región San Martín, donde se incluyó a la cuenca del Alto Mayo con un recorrido rápido del área de estudio realizado entre el 26/02/03 al 08/03/03
- b. Una segunda etapa de levantamiento de información de la cuenca del Alto Mayo realizado entre el 11 al 24/07/04

2.2.3. FASE DE GABINETE

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

La información obtenida fue pasada a un proceso de automatización mediante el empleo del programa SIG ARC/INFO para el acondicionamiento cartográfico y el ajuste temático del mapa hidrográfico y de cuencas. Paralelamente, se implementó una base de datos tabular, la cual se enlazó a los mapas temáticos con la finalidad de facilitar la descripción de las características hidrográficas.

Tabla 2. Principales ambientes acuáticos muestreados y su ubicación geográfica.

Estación	Lugar	Fecha	X	Y
Río Mayo	Puerto Shimbillo	13/07/2004	283240	9333599
Río Gera	Puente Unión	15/07/2004	290372	9317866
Río Gera	cerca desembocadura	15/07/2004	292544	9326042
Río Indoche	carretera Yantalo	16/07/2004	277155	9338518
Río Tónchima	Puente Tónchima	16/07/2004	262209	9330897
Río Negro	parte alta, puente	17/07/2004	250531	9329852
Río Negro	puente Río Negro, carretera marginal	17/07/2004	249589	9336102
Río Romero	puente carretera marginal	17/07/2004	250152	9335825
Río Yuracyacu	Nueva Cajamarca	17/07/2004	244204	9343139
Río Huascayacu	cerca de la desembocadura	18/07/2004	268740	9344142
Río Avisado	Estación turística	18/07/2004	265788	9345639
Río Yuracyacu	Yuracyacu, cerca desembocadura	20/07/2004	253325	9344267
Río Huascayacu	Pueblo Libre	20/07/2004	266932	9349526
Río Yuracyacu	Puente Florida	21/07/2004	240757	9341396
Qda. Pacuyacu	afluente Río Soritor	21/07/2004	238727	9351229
Río Mayo	Puente Yuracyacu	21/07/2004	254457	9345096
Río Soritor	Puente Soritor	22/07/2004	240033	9351632
Río Naranjillo	Puente Naranjillo	22/07/2004	234742	9357416
Río Naranjos	Puente Naranjos	22/07/2004	222565	9365408
Río Tumbaro	Puente Tumbaro	22/07/2004	230328	9360860
Río Serranoyacu	Puente Serranoyacu	23/07/2004	203616	9371924
Río Aguas Verdes	Cerca de desembocadura	23/07/2004	205815	9371214
Río Aguas Claras	Cerca caserío Aguas Claras	23/07/2004	214822	9367553

III. HIDROGRAFÍA DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO MAYO

3.1. Descripción de la cuenca e hidrología

El área de estudio comprende la parte alta de la cuenca del río Mayo, ubicada entre las coordenadas 190000 y 940000 y 310000 y 9290000, aproximadamente. La red hidrográfica de la cuenca alta del río Mayo tiene una distribución que se asemeja tipo dendrítico. Las nacientes de las principales sub-cuencas de la margen derecha del río Mayo se localizan en territorios de la Cordillera Oriental, algunos de ellos a más de 4,000 m.s.n.m; mientras que las sub-cuencas de la margen izquierda nacen en la Cordillera Sub-Andina a unos 2,000 m.s.n.m. Sin embargo, los valles formados en las partes media y baja de los principales ríos de la zona de estudio, presentan altitudes que no sobrepasan los 1,000 m.s.n.m. Estos afluentes en sus partes bajas recorren planicies formando valles aluviales intramontanos.

Por otro lado, es notoria la presencia de “rápidos” en ciertos sectores de los ríos los que se caracterizan por presentar fuertes desniveles de su cauce en tramos muy cortos. Estos tramos son, generalmente, obstruidos parcialmente por rocas o piedras que obstaculizan el paso de las aguas, las mismas que adquieren mayor velocidad de corriente.

En su recorrido por los Andes, los ríos presentan alta pendiente y gran velocidad de corriente, fluyendo por valles estrechos y cauces definidos y relativamente estables de naturaleza pedregosa – rocosa (Foto 1). Las áreas de inundación se presentan muy estrechas en su recorrido entre los cerros y al llegar a los valles se van ampliando cada vez más a medida que alcanzan su desembocadura.

El eje principal de la red de drenaje es el río Mayo que tiene como afluentes principales por la margen izquierda a las sub-cuencas de los ríos Yanayacu, Huasta, Cachiyacu, Avisado, Huascayacu y, por la margen derecha tenemos, principalmente, a las sub-cuencas de los ríos Serranoyacu; Naranjos, Naranjillo, Soritor, Yuracyacu, Negro, Tónchima, Indoché y Gera.

3.1.1. RÍO MAYO

El río Mayo es afluente de la margen izquierda del río Huallaga (Foto 1) En el área de estudio, el Alto Mayo tiene una longitud de 262 Km y su red de drenaje se asemeja una de tipo dendrítico El río Mayo tiene un recorrido general NO-SE y su desembocadura se produce en las inmediaciones del poblado de Shapaja en el río Huallaga. Los sectores más anchos de su cauce son de más de 150 m y se presentan en Marona y en el sector de Gobernador. Los sectores más estrecho son de 50 m y se presentan al cruzar las Cordilleras. En el área de estudio el río Mayo tiene 80 m de ancho medio (Campos, 1983). En el Alto Mayo el río es profundo permitiendo la navegación de embarcaciones hasta de 8 Tn (Correa *et al.*, 1983).

En periodo de creciente, la velocidad de corriente en el Alto Mayo es de nivel medio (0.41 m/s); por otro lado, cuando baja el nivel de las aguas, la velocidad se torna muy rápida (1.163 m/s; Tabla 3), llegando alcanzar valores de 2.759 m/s en los “rápidos” presentes debajo de la desembocadura del río Gera y, posiblemente, niveles superiores a estos valores en los impresionantes “rápidos de Marona”.



FOTO 1: Río Mayo, cercana a la desembocadura del río Yuracyacu (Foto J. Maco)

Su cuenca tiene una extensión de 781,785 ha y representa el 98.46 % de la extensión de la cuenca del Alto Mayo. Los ambientes lénticos del sector del Alto Mayo son formados por desvíos en el curso del río o son brazos del mismo. La pendiente promedio del cauce principal del río Mayo es de 1.16%.(Rojas 2002)

PRINCIPALES TRIBUTARIOS DE LA MARGEN IZQUIERDA

Río Avisado

Nace en las vertientes occidentales de la Cordillera Sub-Andina. Tiene un recorrido N-S, hasta su desembocadura en la margen izquierda del río Mayo cerca al caserío La Boca, sector donde también converge el río Huascayacu. Tiene una longitud 58 Km. El área de su cuenca es de 31,329 ha que representa el 3.95 % de la cuenca del Alto Mayo.

Durante el periodo de muestreo en julio del 2004 el ancho del río fue de 16 m con una profundidad media de 0.56 m lo que permite la incursión de embarcaciones pequeñas como deslizadores y botes pequeños con motor fuera de borda. Presenta velocidad de corriente media con promedio de 0.38 m/s habiendo sectores donde la velocidad de corriente es rápida con valores de 0.57 m/s. La descarga registrada es bastante pequeña y se encuentra alrededor de 2.76 m³/s. El material de fondo del río Avisado está compuesto principalmente de arena y arcilla.

Río Huascayacu

Nace en las vertientes occidentales de la Cordillera Sub-Andina. Tiene un recorrido N-S, hasta su desembocadura en la margen izquierda del río Mayo cerca al caserío La Boca, sector donde también converge el río Avisado. Tiene una longitud 63 Km. El área de su cuenca es de 89.798 ha que representa el 11.31 % de la cuenca del Alto Mayo.

Durante el periodo de muestreo en julio del 2004 el ancho del río fue de 27.60 m con una profundidad media de 1.19 m en la desembocadura y de 1.16 m cerca de Pueblo Libre lo que, al igual que en el río Avisado, permite la incursión de embarcaciones pequeñas como deslizadores y botes pequeños con motor fuera de borda. Presenta velocidad de corriente rápida con promedio de 0.64 m/s, en la desembocadura; mientras que cerca de Pueblo Libre es de 0.71 m/s. Existen sectores donde se presentan velocidades de corriente aun mucho más rápida con valores de 0.79 m/s en la desembocadura y 0.92 m/s en Pueblo Libre. El caudal en la desembocadura es de 24.43 m³/s; mientras que, en Pueblo Libre se registra una descarga de 19.83 m³/s, El material de fondo del río Avisado está compuesto principalmente de arena y arcilla.

PRINCIPALES TRIBUTARIOS DE LA MARGEN DERECHA

Río Serranoyacu

Nace en las vertientes orientales de la Cordillera Oriental. Tiene un recorrido O-E, hasta su desembocadura en la margen derecha del río Mayo cerca al caserío San Pablo del Alto Mayo. Tiene una longitud 25 Km. El área de su cuenca es de 29,219 ha que representa el 3.68 % de la cuenca del Alto Mayo (Foto 2).



FOTO 2: Río Serranoyacu, nótese lo torrentoso de su caudal y cauce pedregoso-rocoso (Foto J. Maco)

En julio del 2004 se hicieron mediciones hidrológicas a la altura del Puente Serranoyacu de la Carretera Marginal de la Selva donde se registra que el ancho del río fue de 23.20 m con una profundidad media de 1.46 m. Es un río no navegable. Presenta velocidad de corriente muy rápida con promedio de 1.26 m/s, con velocidad máxima de 1.64 m/s. El caudal es de 43.04 m³/s. El fondo del río Serranoyacu está compuesto principalmente de material pedregoso y rocoso.

Su principal afluente es el río Aguas verdes que ingresa por su margen derecha cerca al cruce con la Carretera Marginal.

Río Naranjos

Nace en las vertientes orientales de la Cordillera Oriental. Tiene un recorrido SO-NE, hasta su desembocadura en la margen derecha del río Mayo cerca de la CC. NN. Sector Huasta. Tiene una longitud 52 Km. El área de su cuenca es de 42,497 ha que representa el 5.35% de la cuenca del Alto Mayo.

En julio del 2004 se hicieron mediciones hidrológicas a la altura del Puente Naranjos de la Carretera Marginal de la Selva donde se registra que el ancho del río fue de 50.60 m con una profundidad media de 0.26 m. Es un río no navegable. Presenta velocidad de corriente rápida con promedio de 0.87 m/s, con velocidad máxima muy rápida de 1.49 m/s. El caudal es de 24.72 m³/s. El fondo del río Naranjos está compuesto principalmente de material pedregoso.

Río Naranjillo

Nace en las vertientes orientales de la Cordillera Oriental. Tiene un recorrido SO-NE, hasta su desembocadura en la margen derecha del río Mayo cerca al caserío La Isla Jacinta. Tiene una longitud 54 Km. El área de su cuenca es de 33,629 ha que representa el 4.24 % de la cuenca del Alto Mayo.

En julio del 2004 se hicieron mediciones hidrológicas a la altura del Puente Naranjillo de la Carretera Marginal de la Selva donde se registra que el ancho del río fue de 37.50 m con una profundidad media de 0.77 m. Es un río no navegable. Presenta velocidad de corriente muy rápida con promedio de 1.23 m/s, con velocidad máxima de 1.42 m/s. El caudal es de 33.60 m³/s. El fondo del río Naranjillo está compuesto principalmente de material pedregoso.

Río Yuracyacu

Nace en las vertientes orientales de la Cordillera Oriental. Tiene un recorrido de N-S desde sus orígenes hasta unos 11 Km, cerca del caserío La Primavera, de allí su recorrido tiene una orientación SO-NE, hasta su desembocadura en la margen derecha del río Mayo cerca al caserío Yuracyacu. En total tiene una longitud 35 Km en que el río no es navegable. El área de su cuenca es de 23,335 ha que representa el 2.94 % de la cuenca del Alto Mayo.

En julio del 2004 se hicieron mediciones hidrológicas en tres sectores del río:

- El primero, se realizó en el sector alto del río, a la altura del Puente Florida, donde se registró que el ancho del río es de 14.00 m, con una profundidad media de 0.28 m. Presenta velocidad de corriente media con promedio de 0.43 m/s, con velocidad máxima rápida de 0.80 m/s. En este sector el caudal es de 3.92 m³/s. El fondo del río está compuesto principalmente de material pedregoso.
- El segundo, se realizó en el sector medio del río, a la altura del poblado de Nueva Cajamarca, donde se registró que el ancho del río es de 24.80 m, con una profundidad media de 0.23 m.

Presenta velocidad de corriente muy rápida con promedio de 1.18 m/s, con velocidad máxima mucho más rápida de 2.49 m/s. En este sector el caudal es de 5.55 m³/s. El fondo del río está compuesto principalmente de material pedregoso (Foto 3).

- El tercero, se realizó en el sector bajo del río, a la altura del poblado de Yuracyacu, donde se registró que el ancho del río es de 7.20 m, con una profundidad media de 0.33 m. Presenta velocidad de corriente media con promedio de 0.46 m/s, con velocidad máxima de 0.60 m/s. En este sector el caudal es de 1.34 m³/s. El fondo del río está compuesto principalmente de material pedregoso (Foto 4).

Como se podrá notar la disponibilidad de agua del río Yuracyacu disminuye de la parte media a los sectores bajos. Esto es debido a la construcción de numerosos canales que derivan el agua hacia las grandes áreas de sembrío de arroz. A partir del sector medio de la cuenca hacia la desembocadura, se ha realizado una masiva deforestación con la finalidad de expandir la frontera agrícola, especialmente, para el cultivo de arroz. Durante el desarrollo de este cultivo se utilizan una serie de agroquímicos cuyos residuos son vertidos a los cuerpos de agua trayendo como consecuencia la contaminación de los mismos y de la ictiofauna que alberga, sin embargo, su intensidad e impactos aun son desconocidos.



FOTO 3: Río Yuracyacu a la altura del Puente Yuracyacu, cauce pedregoso



FOTO 4: Río Yuracyacu cerca de su desembocadura en el poblado de Yuracyacu. Nótese la drástica disminución del caudal.

Río Negro

Nace en las vertientes orientales de la Cordillera Oriental. Tiene un recorrido de O-E desde sus orígenes hasta unos 13 Km, cerca del caserío Nuevo Paraiso, de allí su recorrido tiene una orientación general SO-NE, hasta su desembocadura en la margen derecha del río Mayo, río arriba de la desembocadura del río Tónchima. En total tiene una longitud 42 Km en que el río no es navegable. El área de su cuenca es de 32,871 ha que representa el 4.14 % de la cuenca del Alto Mayo.

En julio del 2004 se hicieron mediciones hidrológicas en dos sectores del río:

- El primero, se realizó en el sector alto del río, cerca del caserío Nueva Esperanza, donde se registró que el ancho del río es de 20.40 m, con una profundidad media de 0.84 m. Presenta velocidad de corriente muy rápida con promedio de 1.48 m/s, con velocidad máxima muy rápida de 1.68 m/s. En este sector el caudal es de 27.50 m³/s. El fondo del río está compuesto principalmente de material pedregoso.
- El segundo, se realizó en el sector medio del río, a la altura del Puente Río Negro, donde se registró que el ancho del río es de 22.20 m, con una profundidad media de 0.89 m. Presenta velocidad de corriente muy rápida con promedio de 1.05 m/s, con velocidad muy rápida de 1.12 m/s. En este sector el caudal es de 19.34 m³/s. El fondo del río está compuesto principalmente de material pedregoso.

Al igual que en el caso del río Yuracyacu, entre ambos puntos de muestreo se han construido canales de irrigación con la finalidad de derivar el agua hacia los terrenos de cultivo de arroz. Asimismo, se registra el uso indiscriminado de agroquímicos que podrían estar afectando a los cuerpos de agua y a la ictiofauna que alberga, y que, finalmente, es consumida por las poblaciones humanas.

Río Tónchima

Sus nacientes se encuentran en un complejo de lagunas de origen tectónico de la Cordillera Oriental. Nace con el nombre de quebrada Tingo ramos, luego adquiere el nombre de río Salas, en estos sectores su recorrido general es de NO-SE hasta su unión con el río Ochque para formar el río Tónchima. Como río Tónchima tiene un recorrido S-N, hasta su desembocadura en la margen derecha del río Mayo cerca al caserío El Edén. Desde sus orígenes tiene una longitud de 136 Km. El sector medio del río es navegable por embarcaciones menores, tipo bote con motor fuera de borda y deslizadores pequeños. El área de su cuenca es de 136,434 ha que representa el 17.18 % de la cuenca del Alto Mayo.

En julio del 2004 se hicieron mediciones hidrológicas a la altura del Puente Tónchima en la Carretera Marginal de la Selva donde se registra que el ancho del río fue de 60 m con una profundidad media de 1.97 m. Presenta velocidad de corriente rápida con promedio de 0.59 m/s, con velocidad máxima muy rápida de 1.10 m/s. El caudal es de 62.23 m³/s. El fondo del río está compuesto principalmente de material areno-arcilloso (Foto 5).



FOTO 5: Río Tónchima cerca del poblado de Rioja, aun mantiene parte de la Vegetación natural de orilla.

Río Indoche

Nace en las vertientes orientales de la Cordillera Oriental. Tiene un recorrido general S-N, hasta su desembocadura en la margen derecha del río Mayo cerca del caserío Yantaló. Tiene una longitud de 82 Km. Al igual que el río Tónchima, desde su sector medio, es un río navegable por embarcaciones menores, tipo bote con motor fuera de borda y deslizadores pequeños. El área de su cuenca es de 58,218 ha que representa el 7.33 % de la cuenca del Alto Mayo.

En julio del 2004 se hicieron mediciones hidrológicas a la altura del Puente en la carretera a Yantaló, donde se registra que el ancho del río fue de 23 m con una profundidad media de 1.10 m. Presenta velocidad de corriente media con promedio de 0.48 m/s, con velocidad máxima rápida de 0.68 m/s. El caudal es de 16.02 m³/s. El fondo del río está compuesto principalmente de material areno-arcilloso.

Río Gera

Nace en las vertientes orientales de la Cordillera Oriental. Generalmente, su recorrido es de S-N desde sus orígenes hasta su desembocadura en la margen derecha del río Mayo en el caserío Las Delicias. En total tiene una longitud 30.60 Km en que el río no es navegable. El área de su cuenca es de 20,591 ha que representa el 2.59 % de la cuenca del Alto Mayo.

En julio del 2004 se hicieron mediciones hidrológicas en dos sectores del río:

- El primero, se realizó en el sector medio del río, cerca del caserío Shucshuyacu, en el Puente Unión, donde se registró que el ancho del río es de 20 m, con una profundidad media de 0.33 m. Presenta velocidad de corriente rápida con promedio de 0.56 m/s, con velocidad máxima rápida de 0.69 m/s. En este sector el caudal es de 3.47 m³/s. El fondo del río está compuesto principalmente de material pedregoso y rocoso.
- El segundo, se realizó en el sector bajo del río, cerca de su desembocadura en el río Mayo, donde se registró que el ancho del río es de 23 m, con una profundidad media de 0.29 m. Presenta velocidad de corriente media con promedio de 0.39 m/s, con velocidad máxima media de 0.52 m/s. En este sector el caudal es de 9.32 m³/s. El fondo del río está compuesto principalmente de material pedregoso y rocoso.

Tabla 3. Cuencas hidrográficas de la Cuenca del Alto MAYO (Mapa de cuencas)

Cuenca	Área (ha)	%	Cuenca	Área (ha)	%
RIO MAYO	781,785	98.46	Río Yanayacu	20,892	2.63
			Río Huasta	15,798	1.99
			Río Cachiyacu	16,775	2.11
			Río Avisado	31,329	3.95
			Río Huascayacu	89,798	11.31
			Río Delta	11,971	1.51
			Río Serranoyacu	29,219	3.68
			Río Naranjos	42,497	5.35
			Río Naranjillo	33,629	4.24
			Río Soritor	15,290	1.93
			Río Yuracyacu	23,335	2.94
			Río Negro	32,871	4.14
			Río Tonchima	136,434	17.18
			Río Indoche	58,218	7.33
			Río Gera	20,591	2.59
			Otros	203,139	25.58
RIO SISA	12,238	1.54	Río Alao	12,238	1.54
AREA TOTAL	794,023	100.00		794,023	100.00

Tabla 4. Parámetros hidrológicos de los cuerpos de agua muestreados

Cuerpo de agua Período	Transparencia cm		Velocidad media m/s		Color		Fondo
	Creciente	Vaciante	Creciente	Vaciante	Creciente	Vaciante	
Río Alto Mayo	11	34	0.41	1.163	Marrón	Marrón	Pedregoso
Río Tónchima	5	52		0.584	Marrón	Marrón	Areno-pedregoso
Represa Mashuyacu	12	58			Marrón	Negra	Areno-pedregoso
Río Indoche	5	60	0.54	0.570	Marrón	Marrón	Areno-pedregoso
Represa del Gera	45	58			Negra	Negra	Limoso
Río Gera altura boca	20	80		0.410	Negra	Verde	Limoso-pedregoso

Tomado de IIAP (1999)

3.2. Régimen hidrológico

De los registros de caudales del río Mayo y de los niveles de precipitación en la cuenca se puede determinar que este río presenta régimen hidrológico bimodal. Con base a los datos obtenidos entre 1968 a 1980 el río Mayo presenta dos periodos de creciente. El primer periodo es más pronunciado y ocurre en los meses de marzo, abril y mayo, con el pico en el mes de abril donde el agua alcanza el nivel promedio de $544.26 \text{ m}^3/\text{s}$; el segundo pico de creciente se presenta en el mes de noviembre donde la precipitación alcanza los $463.76 \text{ m}^3/\text{s}$. El periodo de vaciante ocurre entre los meses de julio, agosto y setiembre, con el nivel más bajo en el mes de agosto donde el promedio es de $254.16 \text{ m}^3/\text{s}$. Este comportamiento hidrológico guarda relación con el régimen de lluvias que cae en la cuenca, en cuyos valles pueden alcanzar los $1,900 \text{ mm}$ anuales con promedio de $1,339 \text{ mm}$ como se reporta en la Estación Pluviométrica de Moyobamba (Figura 1).

El régimen hidrológico de los tributarios del Alto Mayo, generalmente, presentan la misma tendencia que se muestra para el río Mayo, como se puede observar en los registros de caudales para los periodos 1968-1986 y 1997-1999 (Figuras 2, 3, 4 y 5), donde lamentablemente, los registros han sido tomados en lugares de muestreo diferentes.

En el caso del río Soritor los menores caudales para el periodo 1968-1986 gira alrededor de los 4.6 a $6 \text{ m}^3/\text{s}$ y se presentan en los meses de julio, agosto y setiembre; mientras que para el periodo 1997-1999 el caudal mínimo es de menos de $1 \text{ m}^3/\text{s}$ y se presentan en los meses de agosto, setiembre y octubre. Para el río Yuracyacu los menores caudales para el periodo 1968-1986 gira alrededor de los 6 a $8 \text{ m}^3/\text{s}$ y se presentan en los meses de julio, agosto y setiembre; mientras que para el periodo 1997-1999 el caudal mínimo es alrededor de $2 \text{ m}^3/\text{s}$ y se presentan en los meses de agosto y setiembre.

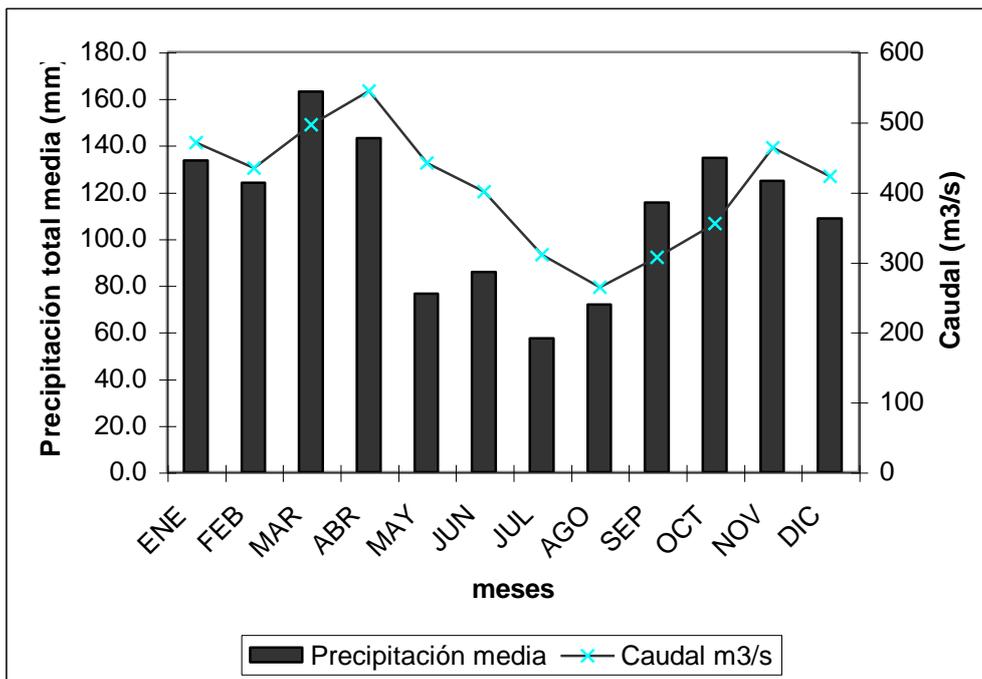


Figura 1: Registros de caudal promedio del río Mayo durante el periodo 1968-1980 y de precipitaciones del periodo 1951- 1994 en Moyobamba.

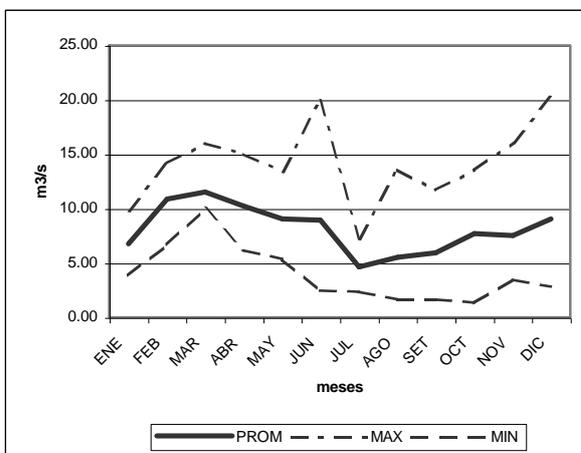


Figura 2a. Caudales del río Soritor (Estación Soritor). 1968-1986

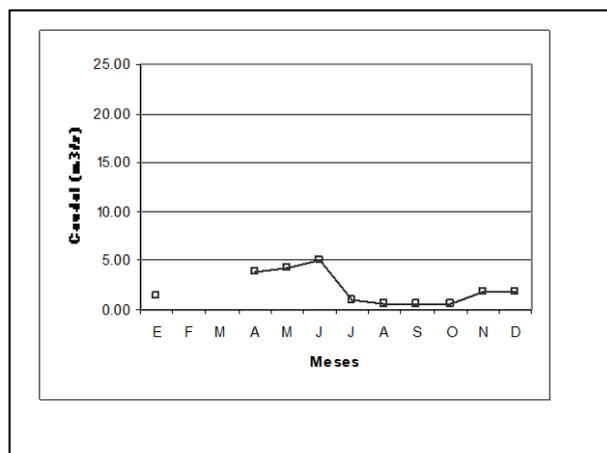


Figura 2b. Caudales del río Soritor (Estación Bocatoma Soritor) 1997-1999

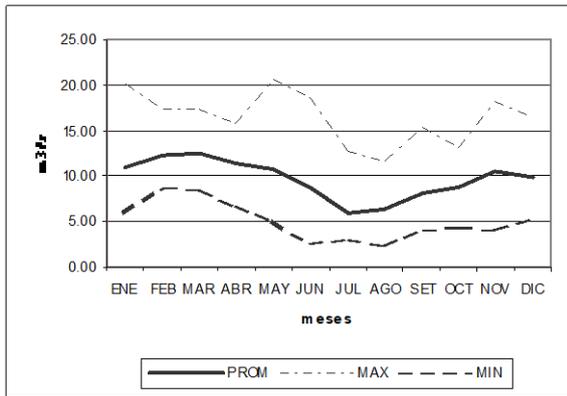


Figura 3a. Caudales del río Yuracyacu. (Estación Yuracyacu) 1968 al 1986

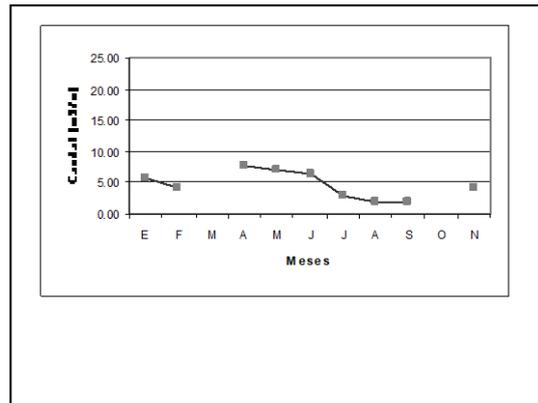


Figura 3b. Caudales del río Yuracyacu. (Estación río Yuracyacu) 1997 al 1999.

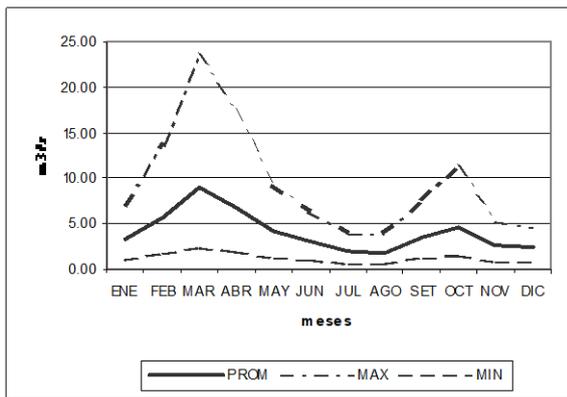


Figura 4. Caudales del río Gera. (Estación Gera) 1968 al 1986.

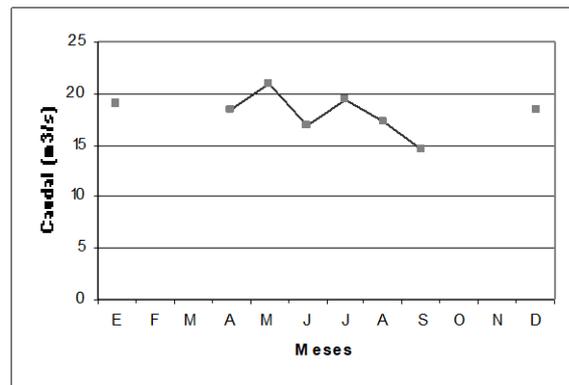


Figura 5. Caudales del río Negro (Estación nacimiento río Negro) 1997 al 1999.

Tabla 5. Caudal medio de los principales tributarios del Alto Mayo.

ESTACIÓN	CUENCA	RÍO	LATITUD SUR	LONGITUD OESTE	ALTITUD (msnm)	ÁREA DE CAPTACIÓN (Km ²)	CAUDAL MEDIO (m ³ /s)	PERIODOS DE REGISTROS
SORITOR	RIO MAYO	Soritor	06° 08'	77° 06'	635	72.7	8.15	1968-1986
YURACYACU	RIO MAYO	Yuracyacu	05° 54'	77° 13'	830	161.9	9.69	1968-1986
GERA	RIO MAYO	Mayo	06° 07'	76° 53'	780	200.0	4.06	1968-1986
BOCATOMA	RÍO MAYO	Avisado	05°50'	77°12'	840	225.2	3.16	1996-1999

Fuente PEAM.

Uno de los serios problemas con relación a la disminución de los caudales de los ríos de la cuenca del Alto Mayo es la derivación que se realiza de las aguas hacia al riego de las grandes extensiones del cultivo de arroz. Con la finalidad de determinar este efecto en los cursos de agua, durante el presente estudio se realizaron mediciones del caudal en diferentes sectores del río Yuracyacu en cuya cuenca se realiza una intensa actividad arrocera, especialmente en el sector bajo de la cuenca (Tabla 5).

En el río Yuracayacu se realizaron tres mediciones de caudal, las mismas que guardan relación con el sector alto, medio y bajo de la cuenca y, se obtuvieron los siguientes resultados:

- El sector alto de la cuenca, en el Puente Florida, se registró el valor de 3.92 m³/s de caudal; en este sector las áreas de cultivo son bastante reducidas y mayormente está ocupada por zonas boscosas;
- El sector medio de la cuenca, a la altura de Nueva Cajamarca, se obtuvo un registro de caudal del orden de 5.55 m³/s; donde las áreas de cultivo son mayores que en la parte alta de la cuenca; pero aún con grandes zonas boscosas;
- En el sector bajo de la cuenca, cercano a la desembocadura, se obtuvo un registro de caudal del orden de 1.34 m³/s; este registro se obtuvo después de que el río ha pasado por las extensas áreas arroceras.

Otro de los ríos donde se pudo observar la misma tendencia es el río Negro, donde en la parte alta se obtuvo como caudal 27.50 m³/s; mientras que en la parte baja de la cuenca se registró una disminución del caudal, siendo de 19.34 m³/s (Tabla 5),

Tabla 6. Parámetros hidrológicos de los cuerpos de agua reportados por el presente estudio.

Estación	Lugar	Fecha	X	Y	Área total	Profundidad Media	Profundidad máxima	Ancho	Caudal	velocidad media	Velocidad máxima	Tipo de fondo
					m ²	m	m	m	m ³ /s	m/s	m/s	
Río Mayo	Puerto Shimbillo	13/07/2004	283240	9333599	386.50	3.55	5.00	90.00	304.04	0.87	0.89	areno arcilloso
Río Gera	Puente Unión	15/07/2004	290372	9317866	7.36	0.33	0.48	20.00	3.47	0.56	0.69	pedregoso rocoso
Río Gera	cerca desembocadura	15/07/2004	292544	9326042	32.11	0.92	1.50	23.00	9.32	0.39	0.52	pedregoso rocoso
Río Indoche	carretera Yantalo	16/07/2004	277155	9338518	32.22	1.10	2.15	23.00	16.02	0.48	0.68	areno arcilloso
Río Tónchima	Puente Tónchima	16/07/2004			104.65	1.97	4.03	60.00	62.23	0.59	1.10	areno arcilloso
Río Negro	parte alta, puente	17/07/2004	250531	9329852	22.61	0.84	1.50	20.40	27.50	1.48	1.68	pedregoso
Río Negro	puente Río Negro, carretera marginal	17/07/2004	249589	9336102	23.05	0.89	2.05	22.20	19.34	1.05	1.12	pedregoso
Río Romero	Puente carretera marginal	17/07/2004	250152	9335825	4.55	0.46	0.85	7.80	0.77	0.19	0.23	areno arcilloso
Río Yuracyacu	Nueva Cajamarca	17/07/2004	244204	9343139	6.91	0.23	0.43	24.80	5.55	1.18	2.49	pedregoso
Río Huascayacu	cerca de la desembocadura	18/07/2004	268740	9344142	41.17	1.19	2.75	27.60	24.43	0.64	0.79	areno arcilloso
Río Avisado	Estación turística	18/07/2004	265788	9345639	14.80	0.56	1.32	16.00	2.76	0.38	0.57	areno arcilloso
Río Yuracyacu	Cerca desembocadura	20/07/2004	253325	9344267	3.38	0.33	0.59	7.20	1.34	0.46	0.60	pedregoso

Estación	Lugar	Fecha	X	Y	Área total	Profundidad Media	Profundidad máxima	Ancho	Caudal	velocidad media	Velocidad máxima	Tipo de fondo
					m ²	m	m	m	m ³ /s	m/s	m/s	
Río Huascayacu	Pueblo Libre	20/07/2004	266932	9349526	28.07	1.16	2.00	24.30	19.83	0.71	0.92	areno arcilloso
Río Yuracyacu	Puente Florida	21/07/2004	240757	9341396	8.96	0.28	0.43	14.00	3.92	0.43	0.80	pedregoso
Qda. Pacuyacu	afluente Río Soritor	21/07/2004	238727	9351229	1.76	0.49	0.82	4.40	0.59	0.42	0.67	areno arcilloso
Río Mayo	puente Yuracyacu	21/07/2004	254457	9345096	178.72	1.98	4.15	64.00	152.54	0.82	1.14	pedregoso
Río Soritor	puente Soritor	22/07/2004	240033	9351632	21.64	1.13	2.10	15.50	5.88	0.28	0.54	pedregoso
Río Naranjillo	puente Naranjillo	22/07/2004	234742	9357416	34.32	0.77	1.27	37.50	33.59	1.23	1.42	pedregoso
Río Naranjos	puente Naranjos	22/07/2004	222565	9365408	25.69	0.26	0.83	50.60	24.72	0.87	1.49	pedregoso
Río Tumbo	puente Tumbo	22/07/2004	230328	9360860	4.53	0.33	0.70	11.50	1.73	0.41	0.49	pedregoso
Río Serranoyacu	Puente Serranoyacu	23/07/2004	203616	9371924	46.84	1.46	3.26	23.20	43.04	1.26	1.64	pedregoso rocoso
Río Aguas Verdes	cerca de desembocadura	23/07/2004	205815	9371214	8.04	0.40	0.77	15.20	2.31	0.43	0.90	pedregoso
Río Aguas Claras	cerca caserío Aguas Claras	23/07/2004	214822	9367553	8.70	0.38	0.68	19.00	5.89	0.78	1.20	pedregoso

3.3. 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). En la cuenca Alta del río Mayo esta característica también es un común denominador. Como se puede observar en las Tablas 6, 7, 8 y 9.

Los análisis de las características físicas y químicas que se han realizado desde 1999 (Tabla 6, IIAP 1999; Tablas 7 y 8 INRENA 2003) y en el presente estudio (Tabla 9) en los diferentes cuerpos de agua, nos muestran que, generalmente, presentan niveles 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 ese espectro temporal.

Los valores de temperatura, pH, oxígeno disuelto, contenido de sólidos disueltos, alcalinidad y dureza son característicos de aguas saludables y de diferentes grados de productividad potencial. Algunos contaminantes como: arsénico, cadmio, Cobre, cromo, manganeso, mercurio, níquel y plomo se encuentran con concentraciones muy reducidas y no son amenazas para la vida acuática ni la salud de las poblaciones humanas. Sin embargo, en algunos ríos, como Tioyacu, Avisado e Indoche, Naranjillo, Huasta, entre otros, se presentan concentraciones de hierro elevadas cuando son comparadas con las concentraciones máximas permisibles establecidas en la Canadian Environmental Quality Guidelines; este contaminante puede estar afectando el bienestar de las poblaciones hidrobiológicas y humanas.

En el Alto Mayo, los ríos son finalmente los colectores de los aguas servidas de las ciudades que se asientan en su cuenca. Los principales afluentes de la cuenca del Alto Mayo se encuentran contaminados con coliformes fecales como se muestra en las Tablas 7 y 8. Los ríos más contaminados destacan el Tónchima a donde llegan las aguas servidas de la ciudad de Rioja; también se encuentran contaminados con coliformes fecales los ríos Indoche, Naranjos, Naranjillo, Soritor, Yuracacyacu, entre otros. En el río Mayo hay sectores donde la contaminación por coliformes totales y fecales es muy seria, tal como ocurre en el sector de Marona donde las concentraciones de coliformes totales es de 15×10^5 y 43×10^4 , respectivamente (Tabla 10). En esta misma tabla se pueden observar que otros cuerpos de agua también sufren serios problemas de contaminación por coliformes.

.Una de las grandes amenazas que se cierne sobre algunos cuerpos de agua de la cuenca Alta del Mayo estaría relacionado con los plaguicidas, los que actualmente se vienen usando en forma indiscriminada. Estos plaguicidas afectan al agua y a los recursos hidrobiológicos, y estos a su vez, a las poblaciones humanas que las consumen. Sin embargo, no existe un estudio sobre esta amenaza con la finalidad de analizarla en su integralidad y determinar la intensidad del impacto que se estaría ocasionando como consecuencia del uso de los plaguicidas.

Tabla 7. Parámetros físicos y químicos de los diferentes cuerpos de agua muestreados. Tomado de IIAP (1999)

Cuerpo de agua	Temperatura °C		pH		Salinidad %		Conductividad µmhos/cm	Oxígeno disuelto mg/l	Cloruros mg/l	Dureza total mg/l
	Período	Creciente	Vacante	Creciente	Vacante	Creciente	Vacante	Vacante	Vacante	Vacante
R. Alto Mayo	23	23.3	6.6	7.3	1	0.11	320	6.1	60	145.3
R. Tónchima	22.5	24.3	6.6	7.4	3	0.11	450	6.6	60	188.1
Represa Mashuyacu	28	25.3	6.8	6.6	1	0.04	70	4.8	20	34.2
R. Indoche	23.3	24.4	6.5	7.4	0	0.11	350	6.2	60	119.7
Represa del Gera	23.5	21	6.3	7.1	0	0.14	150	6.4	80	17.1
R. Gera - boca	23	22	6.3	7.8	0	0.04	220	7.8	20	85.5

Tabla 8. Características físico - químicas de las aguas superficiales de la cuenca del Alto Mayo, periodo de creciente. Tomado de INRENA (2003).

Lugares de muestreo	Río Naranjos	Río Huasta	Río Mayo - Naranjillo	Río Tioyacu I	Río Soritor	Río Mayo - Yuracyacu	Río Tioyacu II	Río Mayo - Tónchima	Río Abisado	Río Indoche
Fecha	8-3-03	9-3-03	8-3-03	9-3-03	8-3-03	8-3-03	8-3-03		10-3-03	9-3-03
Parámetros										
Coliformes fecales (NMP)	3000	300	900	500	3000	1600	220	5000	300	2400
Temperatura del agua (°C)	21	26	24	24	24	22	20.5	24	26	23
Turbidez (NTU)	9.67	22.3	33.2	55.5	11.9	54.4	15.3	37.4	71	48.7
CE (uS/cm)	165.1	187	171.6	108.5	278	198.5	246.9	258.1	69.2	209.6
Demanda bioquímica de oxígeno	4	5	2	10	3	2	3	8	5	6
Cianuro total (ppm)	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005
Dureza cálcica (ppm)	94	42	90	11	124	90	120	97	10	81
Dureza total (ppm)	93	53	91	20	140	91	130	109	25	89
Oxígeno disuelto (ppm)	5.8	5.4	5.1	5.1	5	4.1	6.1	5.1	3.6	5
Potencial de hidrógeno	8.42	7.34	8.02	7.3	7.8	7.54	7.57	7.64	6.53	7.58
Fosfatos	0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.1	-0.1	0.2	0.1	-0.1	0.1
Nitrógeno amoniacal	0.07	0.06	0.06	0.07	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.07
Alcalinidad total (ppm)	87	45	74	15	124	89	119	90	17	82
Arsénico (ppm)	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004
Cadmio (ppm)	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
Cobre (ppm)	-0.001	0.002	0.002	0.005	0.001	0.002	0.001	0.001	0.003	0.002
Cromo (ppm)	-0.001	0.002	0.002	0.003	0.001	0.003	0.001	0.002	0.005	0.003
Hierro (ppm)	0.47	1.04	2.07	3.82	0.68	2.19	0.24	1.64	5.76	3.5
Manganeso (ppm)	0.018	0.044	0.071	0.122	0.041	0.05	0.019	0.045	0.122	0.107
Mercurio (ppm)	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
Níquel (ppm)	0.001	0.001	0.002	0.003	0.001	0.002	0.001	0.002	0.003	0.003
Plomo (ppm)	-0.002	-0.002	0.003	-0.002	0.004	-0.002	-0.002	-0.002	0.004	-0.002

Los valores negativos corresponden a resultados menores al Límite de detección del método de análisis empleado

Tabla 9. Características físico - químicas de las aguas superficiales de la cuenca del Alto Mayo, periodo de vaciante. Tomado de INRENA (2003).

Lugares de muestreo	Río Naranjos	Río Huasta	Río Mayo - Naranjillo	Río Tioyacu I	Río Soritor	Río Mayo - Yuracyacu	Río Tioyacu II	Río Mayo - Tónchima	Río Abisado	Río Indoche
Fecha	20-9-03	19-9-03	19-9-03	19-9-03	19-9-03	20-9-03	20-9-03	20-9-03	20-9-03	20-9-03
Parámetros										
Coliformes fecales (NMP)	3000	300	80	800	230	300	500	2400	230	160000
Temperatura del agua (°C)	18	20	24	29	23	23	20	27	23	24
Turbidez (NTU)	8	3	4	19	8	14	3	15	13	84
CE (uS/cm)	178.9	3.8	253.4	154.4	273.5	328	272.9	234.5	1.03.7	217.2
Demanda bioquímica de oxígeno	8	10	11	16	10	12	10	12	11	8
Cianuro total (ppm)	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005
Dureza cálcica (ppm)	75	75	102	15	108	108	82	128	11	91
Dureza total (ppm)	93	99	123	19	152	130	142	152	19	102
Oxígeno disuelto (ppm)	8.6	7.9	8.6	6.7	7.4	7.2	7.6	6.7	5.4	6.9
Potencial de hidrógeno	8.09	7.77	8.33	7.28	7.93	7.86	7.75	7.83	6.92	7.81
Fosfatos	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.1	-0.1	0.1	-0.1	-0.1	-0.1
Nitrógeno amoniacal	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
Alcalinidad total (ppm)	78	68	96	21	137	101	131	120	20	97
Arsénico (ppm)	-0.004	0.005	0.008	-0.004	-0.004	0.008	0.011	-0.004	-0.004	-0.004
Cadmio (ppm)	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	0.003	-0.001	-0.001	-0.001
Cobre (ppm)	-0.001	0.002	0.002	0.005	0.001	0.002	0.045	0.003	0.002	0.003
Cromo (ppm)	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	0.002	0.009	0.002	-0.002	0.002
Hierro (ppm)	0.18	0.22	0.16	2.33	0.29	0.51	2.37	0.5	1.84	2.02
Manganeso (ppm)	0.013	0.014	0.02	0.053	0.021	0.029	0.069	0.035	0.06	0.124
Mercurio (ppm)	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
Níquel (ppm)	-0.001	-0.001	0.001	0.001	-0.001	0.001	0.007	0.001	-0.001	0
Plomo (ppm)	-0.002	-0.002	0.003	0.003	0.014	-0.002	-0.002	0.015	-0.002	0.029

Los valores negativos corresponden a resultados menores al Límite de detección del método de análisis empleado

Tabla 10. Características físico - químicas de las aguas superficiales registradas en el presente estudio

Estación	Lugar	Fecha	Color	Tª C agua	O2 disuelto	Saturación O2	pH	CE	TDS
				°C	mg/l	%		uS/cm	mg/l
Río Mayo	Puerto Shimbillo	13/07/2004	marrón	32	6.5		7.9	52	25.5
Río Mayo	antes desembocadura río Tónchima	17/07/2004	marrón	20.5	7.5	81	8.12	207	105
Río Gera	Puente Unión	15/07/2004	crystalino verdoso	19.6	7.7			133	67
Río Gera	cerca desembocadura	15/07/2004	marrón	21.6	7.2			150.1	74.4
Río Indoche	carretera Yantalo	16/07/2004	marrón rojizo	20.8	7.02		7.8	138	69.7
Río Tónchima	Puente Tónchima	16/07/2004	marrón	22	7.9		8	141	69
Río Tónchima	cerca desembocadura	17/07/2004	marrón	22.3	6.85	83	8.22	165	82.3
Río Tangumi	Puente Tangumi	17/07/2004	negro	22.5	2.8		7	204	103
Río Negro	parte alta, puente	17/07/2004	negro verdoso	19	7.4	66.2	8.2	288	141
Río Romero	puente carretera marginal	17/07/2004	negro	20.1	6.1	69	8.1	284	144
Río Yuracyacu	Nueva Cajamarca	17/07/2004	crystalino verdoso	19.3	8.2	89	8.95	161	80
Río Huascayacu	cerca de la desembocadura	18/07/2004	negra	20.9	7.05	78.4	7.1	51	25.9
Río Avisado	Estación turística	18/07/2004	negro	21	4.5	50	6.83	60.2	29.5
Río Yuracyacu	Yuracyacu, cerca desembocadura	20/07/2004	verdoso turbio	22	7.1	81	8.2	256	129
Río Huascayacu	Pueblo Libre	20/07/2004	negro	22.5	6.9	76.4	7.2	53.1	27.7
Río Yuracyacu	Puente Florida	21/07/2004	crystalino verdoso	17.9	8.2	82	8.8	159.8	80.8
Qda. Pacuyacu	afluente Río Soritor	21/07/2004	negra	21	6.9	76.1	8.2	294	144
Río Mayo	puente Yuracyacu	21/07/2004	marrón	21.4	7.15	80	8	187	92.5
Río Soritor	puente Soritor	22/07/2004	verdoso turbio	20.1	7.1	83.5	8.5	249	126
Río Naranjos	puente Naranjos	22/07/2004	crystalino verdoso	18.4	8.5	91	8.8	152	76
Río Tumbo	puente Tumbo	22/07/2004	negro	21.7	7.3	81	8.58	194	98
Río Serranoyacu	puente Serranoyacu	23/07/2004	marrón verdoso	16.7	8.2	84	8.7	242	121
Río Aguas Verdes	cerca de desembocadura	23/07/2004	crystalino verdoso	17.3	8.5	90	9.02	183	93.2

Río Aguas Claras	cerca caserío Aguas Claras	23/07/2004	cristalino verdoso	18	7.5	78.5	8.1	260	131
------------------	----------------------------	------------	--------------------	----	-----	------	-----	-----	-----

Tabla 11. Contenido de coliformes totales y fecales en los principales ríos de la cuenca del Alto Mayo.

Cuerpo de agua	Lugar de muestreo	Fecha de muestreo	Coliformes totales	Coliformes fecales
Río Mayo	Yantaló	01/09/04	23x10 ³	90x10 ²
Río Mayo	Nuevo Piura	01/09/04	23x10 ³	40x10 ²
Río Mayo	Marona	01/09/04	15x10 ⁵	43x10 ²
Río Tónchima	Sector Tingana	01/09/04	23x10 ³	40x10 ²
Río Naranjillo	CC.NN. Shampuyacu	24/08/04	11x10 ⁴	75x10 ²
Río Naranjillo	Naranjillo	24/08/04	15x10 ³	43x10 ²
Río Yuracyacu	La Florida	24/08/04	15x10 ³	93x10 ²
Río Yuracyacu	Ucrania	24/08/04	11x10 ⁴	93x10 ²
Qda. Uquihua	Rioja	24/08/04	93x10 ³	43x10 ³
Qda. Uquihua	Rioja/Capironal	24/08/04	23x10 ³	9x10 ³

Fuente: Dirección Regional de Salud de san Martín 2004.

3.4. Tipificación de los cuerpos de agua

1. AMBIENTES LOTICOS

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 ha una tipificación de las aguas para la Amazonía peruana (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 acarrearán sustancias ricas en electrolitos. Las corrientes de agua de la cuenca Alto Mayo pueden tipificarse como:

Ríos de agua blanca: (Río Mayo, Tónchima, Indoche, entre otros).

Los ríos que presentan este tipo de agua tienen origen en la Cordillera de los Andes. Son aguas lodosas, turbias, debido al alto contenido de arena, arcilla y limo en suspensión, que proporcionan una coloración marrón claro o rojizo a sus aguas. Asimismo, el alto contenido de material en suspensión origina que presente bajos niveles de transparencia y 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 llevan gran cantidad de iones disueltos. Los niveles de pH van de ligeramente ácidos a alcalinos dependiendo del régimen hidrológico imperante.

Ríos de agua negra: (Ríos Tangumi, Huascayacu, Avisado, Tumbo, Negro, Romero, entre otros)

Están representados por tributarios de segundo y tercer orden que se originan en las vertientes orientales de la Cordillera Oriental o en las vertientes occidentales de la Cordillera Sub-andina. Son de color café oscuro debido a que presentan alto contenido de ácidos húmicos y fúlvicos producto de la descomposición de la materia orgánica.

Presentan poco material en suspensión, compuesto mayormente por material orgánico y detritus. Los niveles de pH varían entre ligeramente ácido a neutro, igualmente, con altos valores de conductividad, lo cual indica que tienen alto contenido de electrolitos y nutrientes.

Ríos de agua clara: (Ríos Gera, Soritor, Yuracyacu, Naranjos, Naranjillo, Aguas Verdes, Aguas Claras, entre otros)

Son ríos que tienen aguas cristalinas, lo que permite una total transparencia y la observación clara del fondo del cauce: Generalmente nacen entre cerros que presentan materia geológica bastante consolidada. Muchos de ellos tienen alto contenido de electrolitos que se refleja en los valores de conductividad eléctrica alta. Es característico en estos ríos observar que se vuelven turbios después de la caída de lluvias en el ámbito de su cuenca, proceso que dura por un espacio de tiempo bastante corto.

2. AMBIENTES LENTICOS

En la Cuenca se han identificado lagunas de origen fluvial y de origen tectónico. Las de origen aluvial pueden clasificarse en lagunas de várzea y de aguas negras.

LAGUNAS DE ORIGEN TECTÓNICO

Como ejemplos de estas lagunas tenemos a la Cocha Onercocha (Río Mayo, cuenca alta) y el complejo de lagunas, como las Siete Lagunas y la Laguna Jacinto, ubicadas en la Cadena Oriental de los Andes en las cabeceras de los ríos Naranjos y Naranjillo. Estas lagunas son pequeñas y se forman en depresiones del terreno y se caracterizan por ser de mayor profundidad que las lagunas de origen fluvial.

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 y esta conectada al río principal por un pequeño canal llamado “caño”. 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 várzea: (Ejemplos: Laguna Cocamilla en el Río Mayo, entre otras).

Son lagunas adyacentes a los cuerpos de agua blanca, de los cuales reciben fuerte influencia durante los períodos de creciente de los ríos. Durante los períodos de creciente los niveles de transparencia son bajos en gran parte de estos cuerpos de agua, debido al alto contenido de material en suspensión que introduce el río de agua blanca al cual están conectados. En este período se produce aumento del nivel del agua, la misma que va acompañada con una alta tasa de renovación de sustancias nutritivas. Conforme van sedimentando el material en suspensión, las aguas se tornan más transparentes. Sin embargo, ocurre una alta proliferación de organismos planctónicos que solamente permiten una moderada penetración lumínica. Generalmente, son altamente productivas.

Lagunas de agua negra: (Ejemplos: cochas adyacentes a los ríos de aguas negras).

Generalmente, son adyacentes a los cursos de aguas negras, de los cuales reciben influencia durante el período de creciente. Algunas veces están cercanas a los cursos de agua blanca, pero sin recibir mayor influencia de éstos durante los períodos de creciente. Este hecho permite que estos cuerpos de agua tengan menor tasa de renovación de sustancias nutritivas con relación a las lagunas de várzea.

El color de las aguas de estas lagunas es café oscuro; sin embargo, hay lagunas de agua negra en las que, durante los períodos de media vaciante a vaciante, se produce una proliferación del fitoplacton confiriendo a las aguas una coloración verdosa.

Las lagunas de agua negra presentan menor productividad potencial con relación a las lagunas de Várzea.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arrignon, J. 1979. Ecología y Piscicultura de aguas dulces. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 365 pp.
- Chapman, D.W.; Miller, W.H.; Dudley, R.G. y Scully, R.J. 1971. Ecology of fishes in the Kafue River. Reporte preparado para la FAO. Technical Report 2. The University of Idaho. 65 p+figuras y cuadros.
- Correa, P. O. y Colaboradores. 1982. Evaluación del potencial de los recursos hídricos e hidrobiológicos de la cuenca hidrográfica del Huallaga Central y Bajo Mayo. MIMEO. Convenio entre la Dirección Regional de Pesquería XI y el Proyecto Especial Huallaga Central y Bajo Mayo. Tarapoto
- El Peruano. 1983. Decreto Supremo N^o 007-83-SA: 14698-14700.
- Fukushima, M.; G. Saldaña; L. Shimokawa y G. Sifuentes. 1982. Métodos limnológicos. Tercera Edición. Uni. Nac. de Trujillo. 188 pp.
- 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 tasks for research. Applied Sciences and Development (2). 144-62.
- IIAP. 1999. Informe del Estudio: Evaluación del impacto de la introducción de especies exóticas en la cuenca del río Huallaga. Convenio Ministerio de pesquería – Instituto de investigaciones de la Amazonía Peruana. Iquitos – Perú. 74 pág.
- 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.
- INRENA. 2003. Monitoreo de la calidad de aguas superficiales Río Mayo. Memoria Descriptiva. Administración Técnica del Distrito de Riego Alto Mayo. Ministerio de Agricultura, Intendencia de Recursos Hídricos. 51 p.
- Junk, W.J. Y Furch, K. 1985. The physical and chemical properties of Amazonian waters and their relationships with the biota. In Key Environments 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).

Rojas, G. J. L. 2002. Estudio Geomorfológico del Alto Mayo. Informe final. INADE – PEAM. Moyobamba. 71 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 pp.