



**Hidrogeodinámica de la
Cuenca Amazónica**
**Hydrogéodynamique du Bassin
Amazonien**

**4ta. Comisión de Aforos, muestreo de agua y
sedimentos de los Ríos Huallaga, Marañón,
Santiago, Morona, Pastaza, Tigre, Ucayali y
Amazonas.**

LIMA ⇨ TARAPOTO ⇨ IQUITOS ⇨ LIMA

CODIGO PE-04 AGOSTO DEL 2003



Participantes : FRAIZY Pascal, IRD Lima
LAVADO Waldo, SENAMHI Lima

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGIA
SENAMHI

DIRECCIÓN GENERAL DE HIDROLOGIA Y RECURSOS HÍDRICOS

DGH

DIRECTORIO

JEFE DEL SENAMHI

Mayor General FAP WILAR GAMARRA MOLINA

DIRECTOR TÉCNICO DEL SENAMHI

Coronel FAP RAFAEL CAMPOS CRUZADO

DIRECTOR GENERAL DE HIDROLOGIA Y RECURSOS
HÍDRICOS

Ing. Agrícola JORGE YERREN SUAREZ

MIEMBROS DE LA COMISION TECNICA

Waldo Lavado Casimiro: Profesional DGH SENAMHI

Pascal Fraizy: Profesional IRD

Lima – Perú

Agosto del 2003

I. OBJETIVOS

La presente comisión tuvo como objetivos :

- Realizar la cuarta campaña de mediciones hidrológicas en la red de estaciones hidrométricas del SENAMHI de la cuenca amazónica peruana previamente determinadas, durante el período de estiaje (Agosto 2003).
- Visitar el poblado de Chazuta a orillas del río Huallaga, donde se tiene proyectado instalar una estación limnigráfica.
- Recorrer el río Marañón desde el poblado de Borja hasta Nauta, en la cual se aforarán y tomarán muestras de agua de los distintos afluentes del río Marañón, simultáneamente se analizará la mejor manera de llegar a la localidad de Borja ya que será un punto visitado constantemente durante el período que dure el proyecto HYBAM-SENAMHI.
- Evaluar la labor que realizan los observadores en cada una de las estaciones hidrológicas que opera el SENAMHI, para realizar el control de calidad de la información de lecturas de niveles en el mismo punto de medición.

II. DESARROLLO DE LA COMISION

El desarrollo de la comisión tuvo una primera etapa en la que participó Pascal Fraizy, la cual consistió en realizar los aforos del río Huallaga, del río Marañón y sus afluentes, recorriendo el río Marañón desde la localidad de Borja hasta la ciudad de Nauta. Waldo Lavado se reincorporo al equipo en la ciudad de Iquitos para lo cual contrató una embarcación para realizar los aforos en el río Ucayali y en el río Amazonas.

La comisión se desarrollo de la siguiente manera :

Del 28/07/03 al 31/07/03 : Visita del río Huallaga, reconocimiento de la posible zona para la instalación de una estación Hidrológica en la localidad de Chazuta.

Reunión con el responsable técnico de la Dirección Regional San Martín en la cual se conversó acerca de una posible fecha para la instalación de la estación de Chazuta.

Del 01/08/03 al 06/08/03 : Partida desde la ciudad de Tarapoto a la ciudad de Santa María de Nieva en la cual se contrató una embarcación para recorrer el río Marañón desde esta ciudad hasta la ciudad de Nauta en la cual se aforaron y tomaron muestras de agua de todo los ríos afluentes del río Marañón.

Encuentro con Waldo Lavado en la ciudad de Nauta.

Del 07/08/03 al 12/08/03 : Aforos y toma de muestras de agua de los rios Ucayali y Amazonas en las estaciones de Requena y Tamishiyacu respectivamente. Retorno a Lima.

2.1 ESTACION DE CHAZUTA (HUALLAGA):

Visita de la localidad de Chazuta donde se ubicó la mejor zona para el emplazamiento de la escala limnométrica y también ver la mejor época del año para la instalación de la estación.

Para esta época del año se observó el posible lugar de emplazamiento de la escala, la cual se ubicaba aguas abajo del lugar escogido durante nuestra visita en el mes del mayo del 2003. Se realizaron unos aforos con el ADCP (Tabla 1), así mismo se tomaron muestras de agua (Tabla 8)

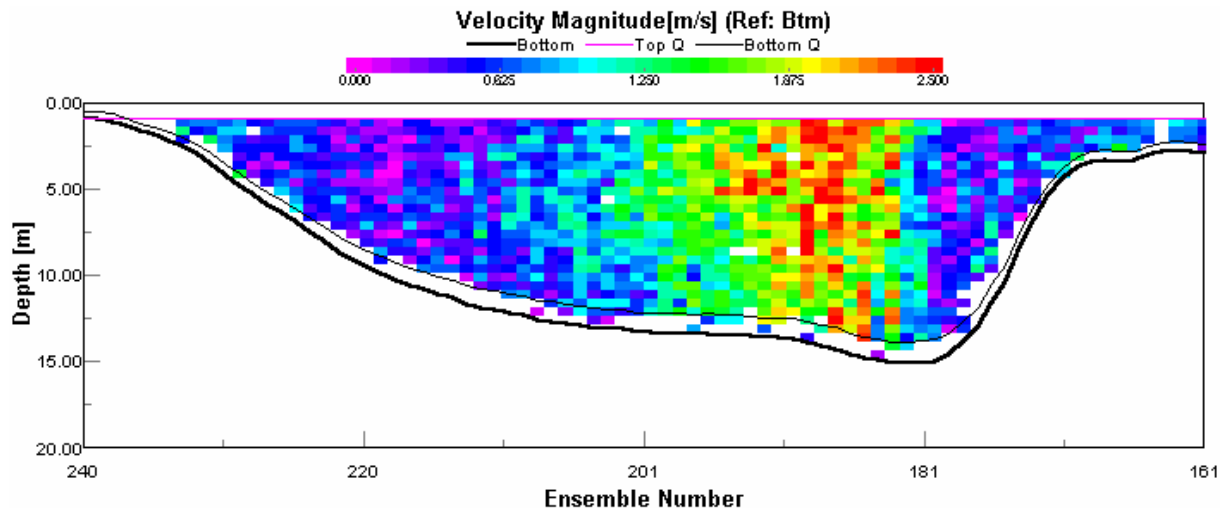
En Chazuta se determino lo siguiente :

- La mejor sección para realizar las mediciones es sin lugar a dudas la ubicada aguas abajo de la localidad de Chazuta, ya que presenta condiciones de una geometría regular y un flujo mas uniforme en relación a la sección ubicada frente a la villa. Esta sección es posible de aforar con molinete en épocas de estiaje.
(Coordenadas GPS : S 06.56895° - W 076.11381°)
- Se marco el nivel de agua correspondiente a los aforos, mediante una clavija que se plantó a 4.23 metros del nivel de agua, en un árbol en la margen izquierda del río
(Coordenadas GPS : S 06.56988° - W 076.12195°).
- Será necesario prevér la instalación de dos reglas bajas de más difícil instalación, ya que será necesario consolidar la base debido a que la tierra en la zona determinada es pedregosa
- Las otras reglas (por lo menos cuatro) se instalará siguiendo la margen empinada, dicha margen es estable por lo tanto puede recibir varias reglas apropiadamente instaladas.

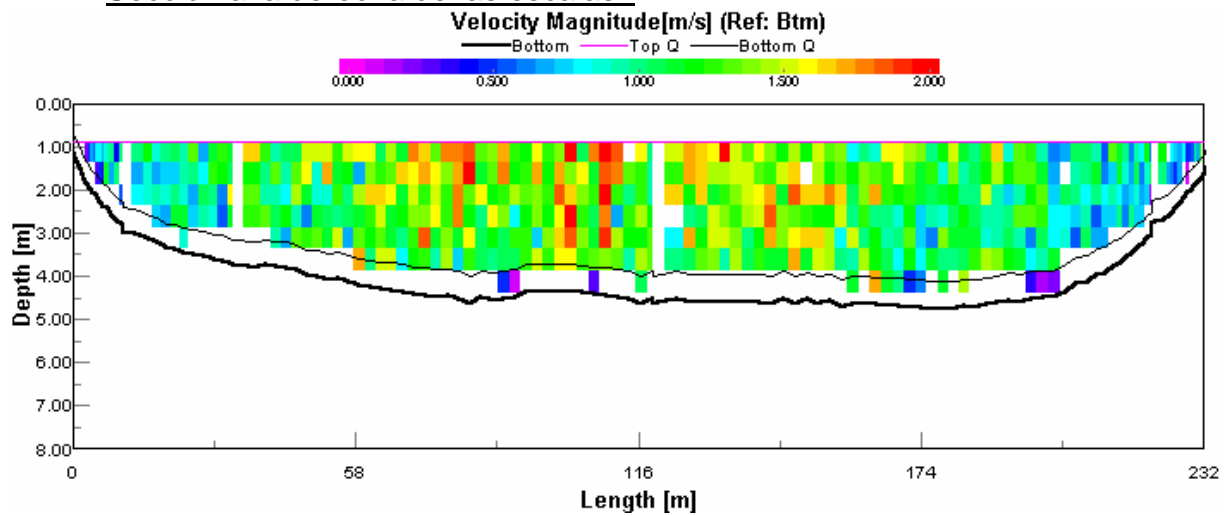
Al regreso a la ciudad de Tarapoto nos reunimos con el Ingeniero Juan Carlos Huamani, responsable de la Dirección Regional San Martín, con el cual se converso acerca de las formas de instalación de la estación de Chazuta.

Sección de la estación Chazuta :

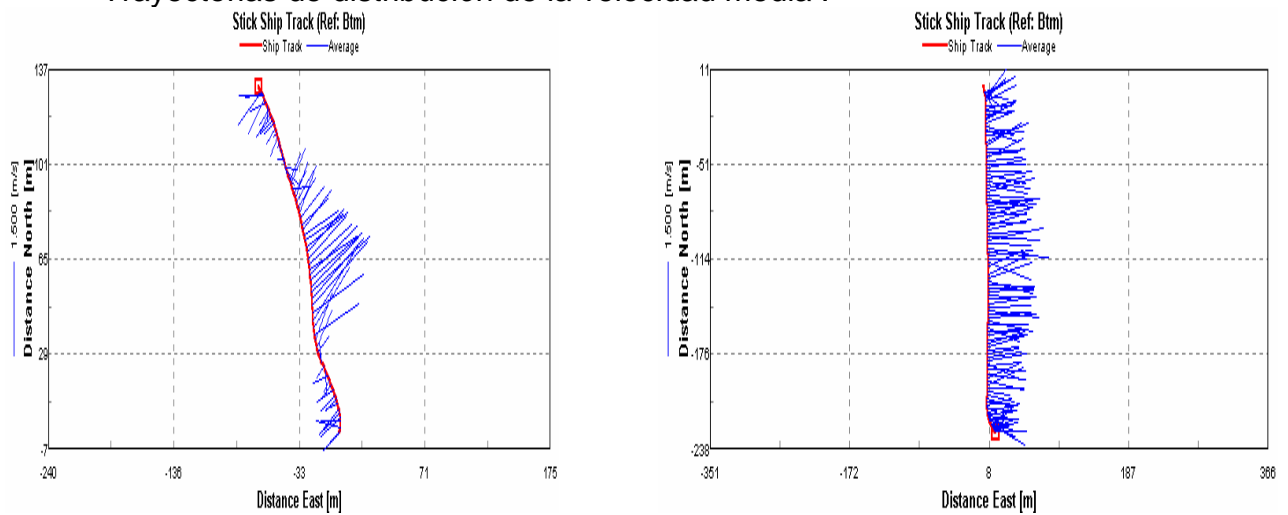
Sección frente a la villa



- Sección a la derecha de las escalas :



- Trayectorias de distribución de la velocidad media :



La sección del margen derecho, es el mejor punto para colocar las escalas y realizar los aforos.

Tabla 1 Resultados de los Aforos en Chazuta río Huallaga.

Fecha	Unid.	30/07/03							Average	Std. Dev.	Std./ Avg.
Chaz n°		002r.000	003r.000	004r.000	006r.000	007r.000	008r.000	009r.000			
H agua		Repérée sur rive gauche									
Total Q	[m³/s]	1024.86	1105.78	1056.67	1061.16	1042.95	1071.43	1102.56	1066	29.67	0.03
Superf.Tot.	[m²]	1535.13	1557.78	1553.52	1560.91	1551.45	940.8	934.98	1376	299.65	0.22
Ancho	[m]	152.81	151.14	155.35	157.95	149.99	236.07	233.84	177	39.86	0.23
Q/Superf.	[m/s]	0.668	0.71	0.68	0.68	0.672	1.139	1.179	0.818	0.233	0.29
Corriente vel.	[m/s]	0.639	0.721	0.607	0.673	0.684	1.161	1.204	0.813	0.255	0.31
Q Esq.	[m³/s]	-5.64	-2.06	-8.26	-11.83	-0.92	2.9	0	-4	5.14	1.39
Q.Sup	[m³/s]	62.28	65.35	64.98	64.52	68.09	250.22	255.69	119	91.72	0.77
Q.Med.	[m³/s]	899.72	976.85	931.71	937.51	904.24	651.22	670.6	853	133.83	0.16
Q.Fondo	[m³/s]	70.43	69.32	72.41	73.86	73.13	164.46	170.74	99	46.79	0.47
Q.Der.	[m³/s]	-1.94	-3.69	-4.17	-2.91	-1.59	2.63	5.54	-1	3.6	4.12
Vel.Bote	[m/s]	1.679	1.364	1.699	1.739	1.701	1.638	2.091	1.702	0.213	0.12
Rumbo Prom.	[°]	149.31	331.93	151.56	150.22	331.79	176.21	358.69			
Corriente Dir.	[°]	63.02	62.88	58.03	52.88	64.05	88.12	88.99			
Duracion	[s]	91	113.1	93.53	87	89.18	142.47	108.75			

2.2 ESTACION DE BORJA (RIO MARAÑON) :



Escalas de la estación :



Como se puede observar en las fotografías las reglas y el tubo limnigrafico de la estación Borja necesitan ser cambiados urgentemente:

En esta estación no hay elementos de mira bajos instalados (sería necesario instalar por lo menos dos reglas) y la observadora no está capacitada para realizar lecturas en aguas bajas. Por tanto las lecturas por debajo de los 5 m. es probable que presenten errores de medición.

Otro factor de error es que en las escalas de medición hay dos tipos de medidas distintas ya que hay uno que esta en centímetros y el otro esta en pies.

Vías de acceso :

El acceso al poblado de Borja es difícil incluso en la estación seca. Tres días son los requeridos para el viaje Tarapoto –Borja (movilidad de servicio público y bote alquilado), incluso usando cuatro o cinco vehículos. Probablemente es más rápido viniendo de Lima y pasar por Chiclayo. Aunque señalan que es posible recorrer Bagua Chica- Sta. María de Nieva por via terrestre.

Pero el tramo mas peligroso es el de Sta. María de Nieva hacia Borja ya que se tiene que atravesar el Pongo de Manseriche, el cual es sumamente peligroso especialmente en temporadas Húmedas.

Otra ruta posible es viniendo de aguas abajo, desde la localidad de San Lorenzo a Borja por barco. El arribo a San Lorenzo sería en avioneta desde Yurimaguas.

Trabajos efectuados :

- Se realizaron aforos del río Marañón en Borja (Tabla 2), a la vez se tomaron muestras de agua (Tabla 8), y se realizó el recorrido del perfil del pongo de Manseriche

Tabla 2 Resultados de los aforos en Borja (Río Marañón)

Fecha	Unid.	03/08/03				Average	Std. Dev.	Std./ Avg.
		_001r.000	_002r.000	_003r.000	_004r.000			
Mara n°								
H agua	[cm]	390	390	390	390			
Total Q	[m³/s]	2520.33	2377.11	2477.25	2311.01	2421	94.96	0.04
Superf.Tot.	[m²]	2107.68	2035.39	2070.33	2024.34	2059	37.67	0.02
Ancho	[m]	304.58	291.3	292.64	286.65	294	7.63	0.03
Q/Superf.	[m/s]	1.196	1.168	1.197	1.142	1.175	0.026	0.02
Corriente vel.	[m/s]	1.221	1.05	1.139	0.985	1.099	0.103	0.09
Q Esq.	[m³/s]	15.47	2.74	1.61	1.44	5	6.8	1.28
Q.Sup	[m³/s]	353.47	347.22	350.76	342.14	348	4.9	0.01
Q.Med.	[m³/s]	1886	1769.37	1865.52	1719.08	1810	79.11	0.04
Q.Fondo	[m³/s]	265.66	259.95	260.44	251.99	260	5.64	0.02
Q.Der.	[m³/s]	-0.28	-2.17	-1.07	-3.63	-2	1.45	0.81
Vel.Bote	[m/s]	1.797	1.556	1.682	1.769	1.701	0.108	0.06
Rumbo Prom.	[°]	226.75	39.89	228.2	41.52			
Corriente Dir.	[°]	131.52	129.23	132.87	130.41			
Duración	[s]	157.8	189.35	173.58	163.06			

• **Tabla 3 Resultados del aforo del río Santiago. Teniente Pinglo**

Fecha	Unid.	03/08/03				Mediana	Std. Dev.	Std./ Med.
		002r.000	003r.000	004r.000	005r.000			
SANTIAGO n°								
H agua		-	-	-	-			
Total Q	[m³/s]	1463.09	1497.13	1467.59	1462.92	1473	16.44	0.01
Superf.Tot.	[m²]	726.96	766.62	741.1	753.23	747	16.93	0.02
Ancho	[m]	187.24	186.28	183.12	183.95	185	1.93	0.01
Q/Superf.	[m/s]	2.013	1.953	1.98	1.942	1.972	0.031	0.02
Corriente vel.	[m/s]	2.102	1.98	2.147	2	2.057	0.08	0.04
Q Esq.	[m³/s]	6.7	7.22	5.18	5.77	6	0.92	0.15
Q.Sup	[m³/s]	424.33	414.12	409.53	400.46	412	9.93	0.02
Q.Med.	[m³/s]	799.28	846.38	827.03	838.26	828	20.57	0.02
Q.Fondo	[m³/s]	230.34	229.16	225.23	217.72	226	5.7	0.03
Q.Der.	[m³/s]	2.44	0.25	0.62	0.72	1	0.98	0.97
Vel.Bote	[m/s]	1.292	1.604	1.519	1.627	1.511	0.153	0.1
Rumbo Prom.	[°]	110.24	293.47	103.21	291.68			
Corriente Dir.	[°]	200.24	197.5	198.21	200.39			
Duración	[s]	143.56	117.52	122.2	111.51			

2.3 DESCENDIENDO POR EL RIO MARAÑÓN :

En esta época del año, el recorrido aguas abajo no presenta mayores problemas. Los pueblos son acogedores especialmente el pueblo de San Lorenzo que esta dotado de una pista de aterrizaje, dicho localidad es un centro petrolero muy importante. El viaje Borja-Nauta duró aproximadamente dos días y medio, por las sucesivas paradas que se realizaron para efectuar los aforos en los afluentes del río Marañón el viaje se realizo con motor de 60 C.V. (Caballos de Vapor)

Se pudo constatar que en esta época del año el aporte del río Marañón al río Amazonas representa casi tres veces el caudal del Ucayali, lo cual se puede observar en el Gráfico 1. Dichos resultados también se pueden observar en los aforos de los afluentes del río Marañón.



Gráfico 1 Porcentajes de aporte para el río Amazonas

Los aforos realizados en los afluentes del río Marañón se efectuaron principalmente en la desembocadura hacia el río Marañón para poder obtener los aportes de cada afluente hacia el río Marañón. En la tabla 4 y Gráfico 2 se presentan los valores de los aforos realizados y el porcentaje de aporte respectivamente. Los resultados de las muestras de agua se observa en la Tabla 8.

Tabla 4 Resumen de los aforos de los principales afluentes del río Marañón:

Río	Fecha	Caudal m ³ /s	Latitud	Longitud	Nº de Aforos
Santiago	03/08/03	1473	S 4.41490°	W 77.64716°	4
Morona	04/08/03	712	S 4.73751°	W 77.06579°	2
Pastaza	05/08/03	1887	S 4.89381°	W 76.39465°	2
Huallaga	05/08/03	1376	*	*	2
Tigre	06/08/03	2438	S 4.47101°	W 74.08669°	2



Gráfico 2 Porcentaje de Aportes de los afluentes del río marañón

2.4 ESTACION DE SAN REGIS (RIO MARAÑÓN)

Para esta segunda visita se pudo encontrar al observador Juan Barbarán, quien nos explicó como realizaba la nivelación para los elementos bajos haciendo uso del nivel de manguera.

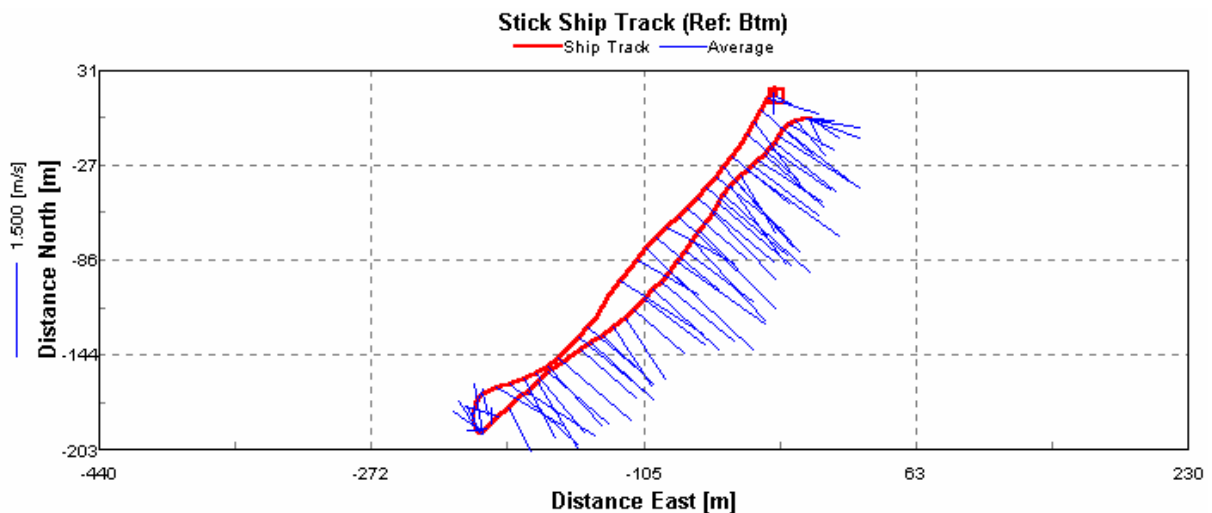
Las primeras medidas en San Regis mostraba la existencia de fondo móvil en la sección de aforo, pero para el análisis posterior se tomaron puntos con el GPS para poder saber cual es la dispersión de este fondo. Dichos valores fueron guardados para un posterior análisis.

Los resultados de los aforos en San Regis (río Marañón) se muestran en la Tabla 5 y los valores de las muestras de agua en la Tabla 8

Tabla 5 Aforo del río Marañón (San Regis)

File name	001r.000	002r.000	004r.000	005r.000	007r.000	PROMEDIO	DESVEST
Fecha	03/08/06	03/08/06	03/08/06	03/08/06	03/08/06		
Buena distancia trazada [m]	686.16	691.41	690.56	686.99	684.66	687.96	2.90
Longitud [m]	696.12	698.47	707.01	709.32	701.2	702.42	5.60
Duración [s]	380.94	387.44	462.86	447.25	380.94	411.89	39.88
Máxima Profundidad [m]	17.77	17.99	20.32	17.73	19.79	18.72	1.24
Area [m2]	10403.9	10448.36	10365.05	10300.86	10278.24	10359.28	70.60
Ancho del río [m]	691.16	699.41	698.56	695.4	697.66	696.44	3.31
Velocidad media del bote [m/s]	1.83	1.8	1.53	1.59	1.84	1.72	0.15
Curso Promedio del Bote [°]	227.46	43.08	42.76	41.67	42.39	79.47	82.73
Velocidad de la Corriente [m/s]	1.19	1.18	1.18	1.19	1.18	1.18	0.01
Dirección del flujo [°]	134.79	134.48	134.82	134.27	134.43	134.56	0.24
Total caudal [m3/s]	12139.73	12091.14	12073.88	12127.32	12015.27	12089.468	49.27
Q. Superior [m3/s]	881.27	882.56	888.94	896.2	883.78	886.55	6.13
Q. Medio [m3/s]	10430.16	10381.9	10366.31	10401.93	10306.39	10377.34	46.29
Q. Fondo [m3/s]	827.65	820.73	811.1	823.97	814.72	819.63	6.73
Q. Izquierda [m3/s]	0.64	2.43	2.84	2.12	1.39	1.88	0.87
Q. Derecha [m3/s]	0	3.52	4.69	3.1	8.99	4.06	3.26
Inicio de la Orilla	LEFT	RIGHT	RIGHT	RIGHT	RIGHT		
Distancia izquierda [m]	5	3	3	3	3		
Distancia Derecha [m]	0	5	5	5	10		
Velocity reference	ADCP	ADCP	ADCP	ADCP	ADCP		
Depth reference	ADCP	ADCP	ADCP	ADCP	ADCP		

Recorrido :



2.5 ESTACION DE REQUENA (UCAYALI)



Reglas bajas de la estación de Requena reinstalada por el observador

En Requena las reglas en aguas baja también son temporales, no encontramos al observador.

Los aforos realizados fueron los mas bajos realizados al río Ucayali, dichos valores serán útiles para construir la curva altura gasto de esta estación.

Los aforos realizados se observan en la Tabla 6 y los resultados de las muestras de agua en la Tabla 8

Tabla 6 Resultado de los aforos del río Ucayali (Requena)

Fecha	Unid.	08/08/03						Average	Std. Dev.	Std./ Avg.
REQUENA n°		001r.000	002r.000	003r.000	004r.000	005r.000	006r.000			
H agua		383	383	383	383	383	383			
Total Q	[m³/s]	4652	4551.53	4558.94	4637.74	4682.34	4689.26	4629	59.95	0.01
Superf.Tot.	[m²]	9075	9239.14	8864.61	8993.17	9020.52	9047.56	9040	121.89	0.01
Ancho	[m]	490.1	497.02	487.05	498.61	474.15	493.89	490	8.92	0.02
Q/Superf.	[m/s]	0.513	0.493	0.514	0.516	0.519	0.518	0.512	0.01	0.02
Corriente vel.	[m/s]	0.546	0.511	0.524	0.513	0.555	0.525	0.529	0.018	0.03
Q Esq.	[m³/s]	12.66	19.64	17.39	13.66	9.14	15.5	15	3.7	0.25
Q.Sup	[m³/s]	369.4	356.24	367.52	377.37	377.57	385.33	372	10.13	0.03
Q.Med.	[m³/s]	3897	3821.57	3817.27	3878.26	3903.31	3902.01	3870	40.13	0.01
Q.Fondo	[m³/s]	366.7	357.01	362.24	369.85	379.77	387.27	370	11.25	0.03
Q.Der.	[m³/s]	5.96	-2.93	-5.47	-1.4	12.54	-0.86	1	6.69	5.12
Vel.Bote	[m/s]	1.779	1.809	1.584	1.806	2.054	1.856	1.815	0.151	0.08
Rumbo Prom.	[°]	310.1	127.3	311.91	131.02	312.38	130.25			
Corriente Dir.	[°]	51.09	52.3	52.75	50.69	51.64	51.28			
Duración	[s]	265.2	254.81	288.61	263.9	226.2	256.1			

2.6 ESTACION DE TAMISHIYACU (RIO AMAZONAS) :

Para realizar las mediciones en la estación Tamishiyacu se tuvo la dificultad que el soporte del ADCP fue dañado por un golpe, posiblemente de un delfín. Los caudales hallados en Tamishiyacu tuvieron una diferencia de entre 500 a 600 m³/s con la sumatoria de San Regis mas Requena de los ríos Marañón y Ucayali respectivamente. Los valores de los caudales hallados en Tamishiyacu se observa en la Tabla 7 y los valores de la muestra de agua en la Tabla 8.



Tabla 7 Resultado de los aforos del río Amazonas (Tamishiyacu)

Fecha	Unid.	08/08/03				Average	Std. Dev.	Std./ Avg.
TAMSHI n°		000r.000	001r.000	002r.000	003r.000			
H agua	[cm]	142	142	142	142			
Total Q	[m³/s]	17296.55	17307.49	17403.48	17089.43	17274	132.24	0.01
Superf. Tot.	[m ²]	15474.86	15490.44	15641.15	15478.25	15521	80.26	0.01
Ancho	[m]	1068.59	1079.57	1072.25	1081.79	1076	6.18	0.01
Q/Superf.	[m/s]	1.118	1.117	1.113	1.104	1.113	0.006	0.01
Corriente vel.	[m/s]	1.128	1.144	1.154	1.138	1.141	0.011	0.01
Q Esq.	[m ³ /s]	21.22	5.85	38.8	11.89	19	14.37	0.74
Q.Sup	[m ³ /s]	1729.39	1747.79	1724.99	1712.05	1729	14.78	0.01
Q.Med.	[m ³ /s]	13785.39	13837.99	13967.39	13730.7	13830	101.31	0.01
Q.Fondo	[m ³ /s]	1657.33	1712.85	1662.94	1621.55	1664	37.57	0.02
Q.Der.	[m ³ /s]	103.22	3.02	9.37	13.24	32	47.53	1.48
Vel. Bote	[m/s]	2.39	1.982	2.314	2.014	2.175	0.207	0.1
Rumbo Prom.	[°]	243.22	66.69	246.52	67.74			
Corriente Dir.	[°]	330.17	330.41	330.74	329.45			
Duracion	[s]	467.59	560.01	473.02	533.92			

III. MUESTRAS DE AGUA

Tabla 8 Resultado de la Toma de muestras de agua

Date	Rio	Caudal	Temp	Cond	pH
30/07/03	Huallagua	1066	26	311	8.09
03/08/03	Maranon	2421	24.1	123	7.86
03/08/03	Santiago	1474	23.5	73	7.6
04/08/03	Morona	712	28.7	92	7.48
05/08/03	Pastaza	1887	26.9	71	7.15
05/08/03	Huallagua	1376	28.3	355	7.3
06/08/03	Tigre	2438	28.0	149	6.5
06/08/03	Maranon	12027	27.6	156	7.13
08/08/03	Ucayali	4629	28.9	356	7.28
08/08/03	Amazonas	17274	28.0	212	7.10

NB : Conductividad en $\mu\text{S}/\text{cm}$; caudales en m^3/s

IV. CONCLUSIONES

Se realizó por cuarta vez en el Perú la comisión de aforos, muestreo de agua y sedimentos de los ríos Amazonas, Marañón y Ucayali; y la primera que se hacen estas mediciones en los ríos Morona, Pastaza y Tigre. Mención aparte merece el trazado del perfil del Pongo de Manseriche que será materia de un artículo especial sobre ese tema.

No se realizó el aforo en el río Napo debido a que el régimen de este río tienen sus menores valores de caudal durante el mes de Octubre fecha en la cual se realizara la quinta Comisión.

Se determino la mejor ubicación para la instalación de la estación limnimétrica de Chazuta. **(Coordenadas GPS : S 06.56895° - W 076.11381°)**

Algo que se dejó notar durante la presente comisión fueron los problemas que presentan las escalas en aguas bajas debido a que la mayoría son reinstaladas y los observadores no están lo suficientemente capacitados para realizar esta labor. Este problema se notó especialmente en la Estación Borja (río Marañón).

De los aforos realizados se puede concluir de que de los principales afluentes del río Amazonas en territorio Peruano (río Marañón y Ucayali), el río Marañón representa casi el 70% del aporte al río Amazonas durante esta época del año tal como se observa en el gráfico 1, los ríos afluentes del río Marañón que presentan mayor volumen de aporte son los que provienen de territorio ecuatoriano como los ríos Santiago, Pastaza y Tigre tal como se observa en el gráfico 2.