



*Hidrogeodinámica de la Cuenca Amazónica
Hydrogéodynamique du Bassin Amazonien

IRD - SENAMHI

INFORME TÉCNICO: “2da. Comisión de aforos, muestreo de agua y sedimentos - Cuencas de los Ríos Amazonas, Nanay, Marañón, Napo, Ucayali”

código P2 - Mayo del 2002

EXPEDICION AMAZÓNICA
IRD(FRANCIA)-SENAMHI(PERU)



MOSAICO DEL PAISAJE AMAZÓNICO



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 HIDRICOS

Ingº Agrícola JORGE YERREN SUAREZ

MIEMBROS DE LA MISIÓN TÉCNICA

Jean Loup Guyot: Responsable del Proyecto HYBAM, UR 069 - IRD-Francia.

Jorge Yerrén Suárez: Coordinador SENAMHI del Proyecto NGT – IRD – Perú.

Fraizy Pascal: Hidrólogo del Proyecto HYBAM, UR 069 – IRD - Francia.

Lima – Perú
Mayo del 2002

SEDE CENTRAL: Jr. Cahuide 785, 3er. Piso – Jesús María – Lima 11 – Casilla Postal 1308
Telefax: 471-7287, Tel.: 4727966; E-Mail dgh@senamhi.gob.pe; <http://www.senamhi.gob.pe>

INDICE

I. OBJETIVOS DE LA COMISIÓN

II. DURACIÓN DE LA COMISION Y PARTICIPANTES

III. ACTIVIDADES DE CAMPO

3.1 Medición de caudales

3.2 Muestras de agua

3.3. Mediciones “ in situ”

3.4. Filtraciones de las muestras

IV. DESARROLLO DE LA COMISIÓN

V. RESULTADOS

5.1. Mediciones de caudales

5.2. Muestreo de agua y de sedimentos

VI. Financiamiento de la comisión

VII. CONCLUSIONES

Anexo 1 : Gráficos de mediciones de caudales con ADCP

Lista de las figuras :

Figura 1: Puntos de muestreo en la cuenca del río Amazonas en el Perú

Figura 2: Aforo en la H-SEDALORETO río Nanay

Figura 3: Aforo en la H-ENAPUPERU río Amazonas

Figura 4: Aforo en la H-BELLAVISTA río Napo

Figura 5: Aforo en la H-REQUENA río Ucayali

Figura 6: Aforo en la H-NAUTA río Marañón

Figura 7: Aforo en la H-TAMISHIYACU río Amazonas

Lista de las tablas :

Tabla 1: Cronograma de la comisión P1

Tabla 2: Resultados de las mediciones de caudales

Tabla 3: Características de los puntos de muestreo

Lista de los anexos :

Anexo 1 : Gráficos de mediciones de caudales con ADCP

I. OBJETIVOS DE LA COMISIÓN

Realizar la segunda campaña de mediciones hidrológicas en la red de estaciones hidrométricas de la cuenca amazónica peruana durante el período de máxima creciente (mayo 2002).

II. DURACION DE LA COMISION Y PARTICIPANTES

La comisión tuvo una duración de 7 días y se realizó del 8 al 14 de mayo del 2002.

En esta segunda campaña de mediciones hidrológicas participaron:

↔ IRD	-	(Toulouse)	Jean Loup GUYOT
↔ SENAMHI	-	(Lima)	Jorge YERREN SUAREZ
↔ IRD	-	(Toulouse)	Fraizy PASCAL

III. ACTIVIDADES DE CAMPO

3.1 Medición de caudales

Se utilizó una ADCP (RDI – Río Grande) de 600 KhZ. con un soporte diseñado para su instalación en botes de pequeño calado (de 18 pies), este soporte ha sido fabricado en Bolivia en material de aluminio.

3.2 Muestras de agua

Las muestras para análisis específicos de agua fueron tomadas con un frasco de 500 ml directamente desde una lancha localizada al frente de la corriente. Con la lancha se realizó cada vez tres muestreos previos usando el agua del propio río para limpiar los frascos, antes de tomar la muestra definitiva para el estudio de la materia en suspensión y de la materia disuelta. El análisis de las muestras tomadas se realizará en Francia.

Se intentó realizar muestreos de agua a 10 m. de profundidad, utilizando para ello una botella de muestreo oceanográfico, pero por problemas en el equipo (los tapones inferior y superior de la botella van unidos por una manguera de jebes, la cual por el tiempo de uso se rompió al manipularla) no se tuvo éxito y dicho muestreo tuvo que quedar pendiente para una próxima Misión.

3.3. Mediciones “ in situ”

La temperatura, la conductividad, el pH y la turbiedad del agua fueron medidas con los siguientes aparatos:

1. Conductivímetro WRW LF 318
2. Ph metro WTW PH 320
3. Turbidímetro AQUALITYC

Las localizaciones (latitud, longitud) de los puntos de muestreo y la profundidad del río fueron medidas con :

4. GPS GARMIN 12 XL
5. Winche mecánico para correntómetro.
6. Lastre de correntómetro, de 50 kg.

3.4. Filtraciones de las muestras

Todas las muestras fueron filtradas *in situ*, e inmediatamente conservadas en una caja refrigerante.

Para la determinación de la materia en suspensión (MES), fue utilizada una unidad de filtración frontal con 3 unidades (Sartorius), ligada a una bomba de aire, con filtros de acetato de celulosa de 0.45µm de porosidad. El líquido filtrado esta destinado al análisis de los elementos disueltos mayores.

IV. DESARROLLO DE LA COMISIÓN

La comisión se realizó según el cronograma de la tabla 1.

Tabla 1: Cronograma de la comisión P2

Personal	Sigla	Ciudades								
		07-mayo	08-mayo	09-mayo	10-mayo	11-mayo	12-mayp	13-mayo	17-mayo	días
Jean Loup Guyot	JLG	+	+	+	+	+	+	+	+	8
Jorge Yerren Suarez	JYS	+	+	+	+	+	+	+	+	8
Fraizy Pascal	FP	+	+	+	+	+	+	+	+	8
numero personas	3	24								
<i>numero de días</i>		1	2	3	4	5	6	7	8	

Leyenda

Trechos

- Etapa de barco +
- Preparación en tierra o trabajo +
- Etapa de avión +

📅 7 de mayo :

- Viaje Toulouse - Lima por avión para Jean Loup Guyot y Fraizy Pascal.

📅 8 de mayo :

Por la mañana :

- Vuelo desde Lima hasta Iquitos para Jean Loup Guyot, Jorge Yerrén y Fraizy Pascal, y recepción por el personal del SENAMHI de Iquitos.

Por la tarde :

- Búsqueda de contactos para conseguir una embarcación para el desplazamiento desde Iquitos a las estaciones hidrométricas y realizar nuestras mediciones.

📅 9 de mayo :

- Aforo del río Nanay antes de la confluencia (A.C) con el Amazonas (2 mediciones) y muestreo en el punto P2.01 - río Nanay A.C. Amazonas. Las reglas limnimétricas están en la estación de bombeo de la planta de agua potable de la ciudad de Iquitos en el punto (S03°45'08,0" – W073°16'49,5").
- Dos aforos en el río Amazonas inmediatamente aguas arriba de su confluencia con el río Itaya, utilizando el ADCP.

📅 10 de mayo:

- A las 8:15 am. partimos del embarcadero El Huequito (Iquitos) con un 200 HP fuera de borda, conducido por el motorista Michel, llegando a Timicurillo a las 8:50 am. Para luego cruzar la trocha Mazán y llegar a la H-Bellavista.
- Con el apoyo de un 25 Hp alquilado por 3 horas a un costo de 70.00 nuevos soles, se realizó el aforo (4 veces) en una sección (P2.02) ubicada aguas abajo de la estación H-Bellavista, la cual presentaba un banco de sedimentos en la parte central, donde el tirante de agua era de 1,80 m. Sin embargo en las márgenes se tenía tramos de sección con profundidades de 10,0 m.
- Por la tarde volvimos a Iquitos para preparar el viaje a Requena, pues teníamos problemas con una de las baterías que debió ser recargada, toda la noche en un taller de electricidad.

📅 11 de mayo :

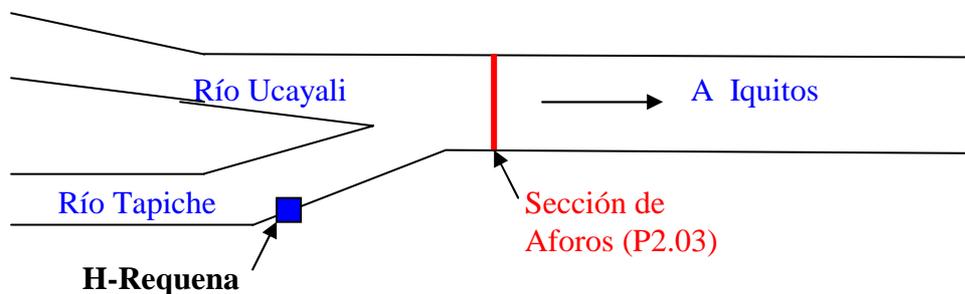
- Partimos a las 8:45 am. en la misma embarcación de Michel, con rumbo a Requena a donde llegamos a las 14:20 horas. En el recorrido observamos que el río Amazonas y sus afluentes traen menos palizada que en diciembre último.

- Intento de muestreo a 10 m. de profundidad en el Ucayali en la estación H-Requena (P2.03). finalmente por problemas en el equipo el muestreo no se pudo realizar, quedando pendiente para la próxima Misión.

📅 12 de mayo:

- A las 6.00 am. se realizó la georeferenciación con GPS, de la estación H-Requena. la cual esta ubicada en la margen derecha del río Tapiche (afluente del río Ucayali), aguas abajo de Requena (a unos 30 min. a pie).
- El aforo (P2.03) se realizó por 3 veces, a unos 2 kms. aguas abajo de la estación hidrométrica en una sección ubicada en el río Ucayali después de su confluencia con el río Tapiche.

RIO UCAYALI – ESQUEMA HIDROGRAFICO



- Una vez culminado el aforo en H-Requena partimos a las 8:45 am. con destino a Nauta, donde arrivamos a las 11:30 am.
- El aforo (P2.04) se realizó 4 veces, aguas abajo de la estación H-Nauta, en una sección donde se tiene el caudal íntegro del río Marañón.

📅 13 de mayo:

- Viaje Nauta - Iquitos en la misma embarcación (motor fuera de bordo de 200 HP) partiendo de Nauta a las 8:30 horas, llegamos a Tamishiyacu a las 10:15 horas.
- El aforo (P2.05) se realizó 2 veces en la estación hidrométrica H-Tamishiyacu y 2 veces aguas abajo de ella, para verificar el resultado obtenido, ya que al sumar el caudal del Ucayali con el obtenido en esta estación (Tamishiyacu), nos daba 4 000 m³/s menos que el aforo del Amazonas, cuando esperábamos resultados similares.

📅 14 de mayo:

- Jean L. Guyot, Jorge Yerrén y Fraizy Pascal retornan de Iquitos a Lima.

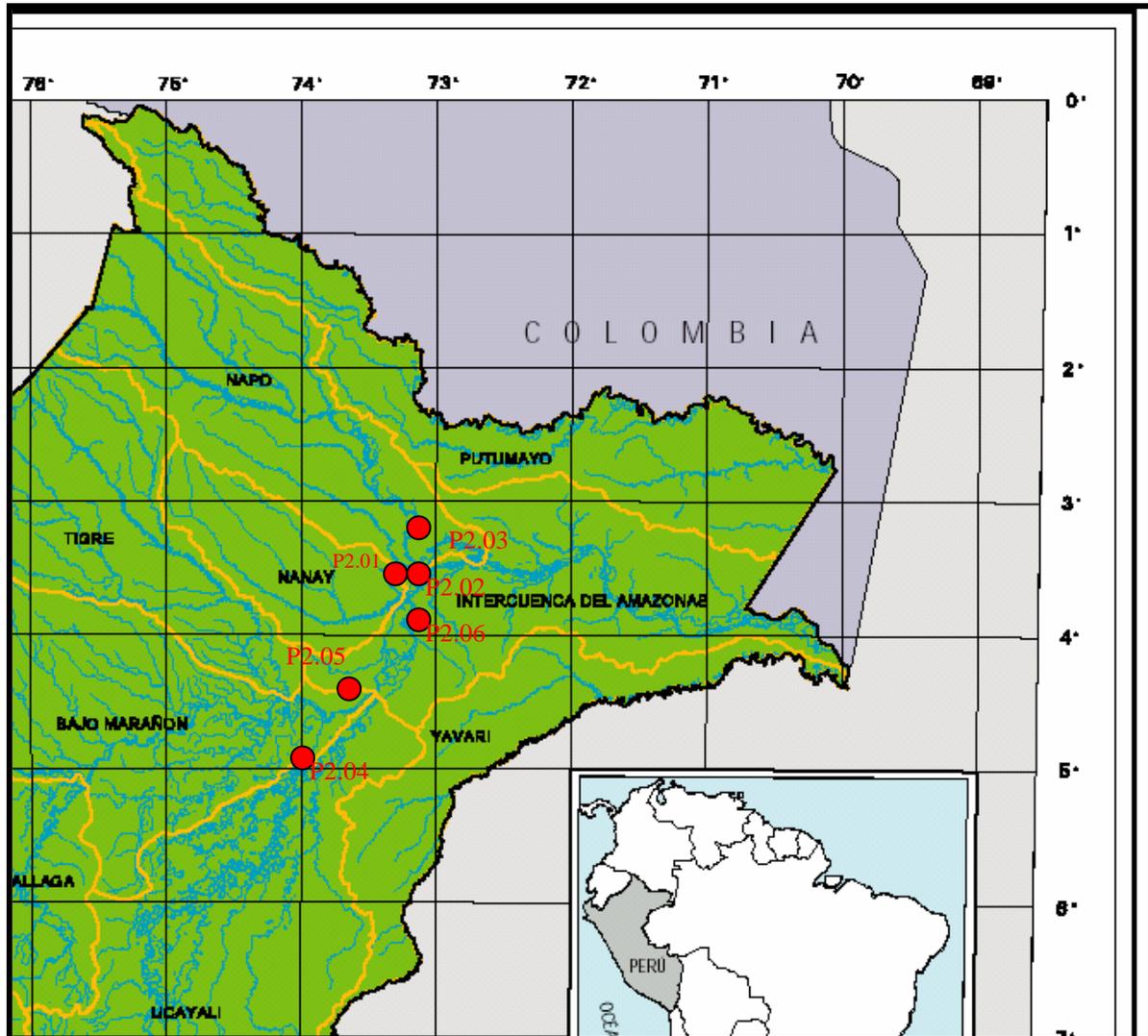


Figura 1: Puntos de muestreo en la cuenca del Río Amazonas en el Perú
(ver tabla 2 para el código de las estaciones)

V. RESULTADOS

5.1. Mediciones de caudales

La época de la comisión P2, (Mayo-2002) esta caracterizada por aguas en máximas crecidas en las cuencas de los ríos Amazonas, Napo, Nanay, Marañón y Ucayali.

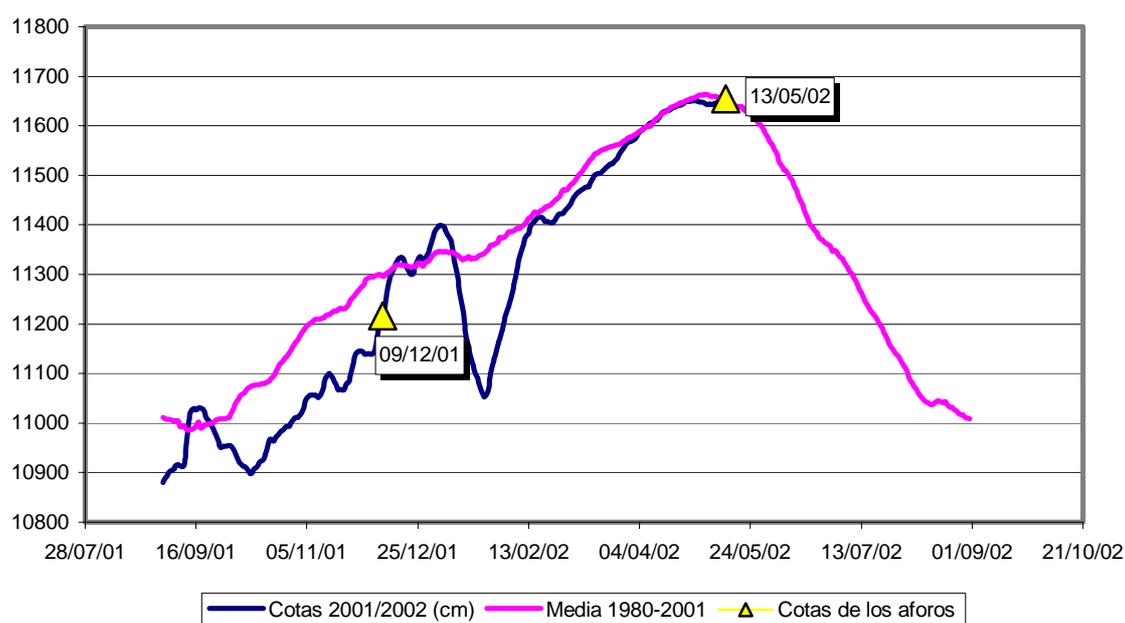
La localización (orillas izquierda y derecha) de las secciones de mediciones fue verificada con geoposicionamiento por satélite (GPS).

Los resultados de las 21 mediciones de caudales en las 6 secciones con correntómetro Acústico de Efecto Doppler (ADCP) de frecuencia de 600 Khz estan resumidos en las tabla 2 y 3, y en los gráficos del software WINRIVER (RDI) o TRANSECT que se encuentran en el anexo 1.

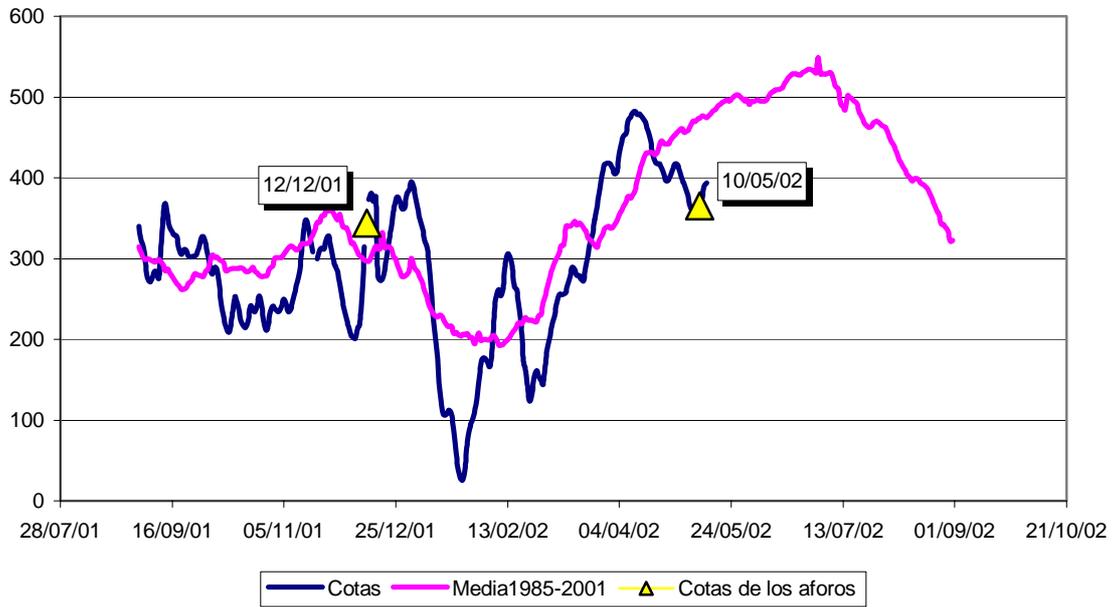
Dentro de una misma seccion con diferentes mediciones, la desviación observada alcanza valores menores de 10% . La medicion es buena (desvio $dQ < 10\%$) cuando la velocidad média en la seccion es $> 0.5 \text{ m.s}^{-1}$ y cuando la parte del caudal realmente medida con el ADCP es $> 50\%$ del caudal total.

Los resultados de la campaña de mediciones hidrológicas realizadas conjuntamente entre el del proyecto HiBAm y el SENAMHI, permiten por primera vez en la historia del Perú, contar con información integral de caudales de la cuenca más grande del mundo.

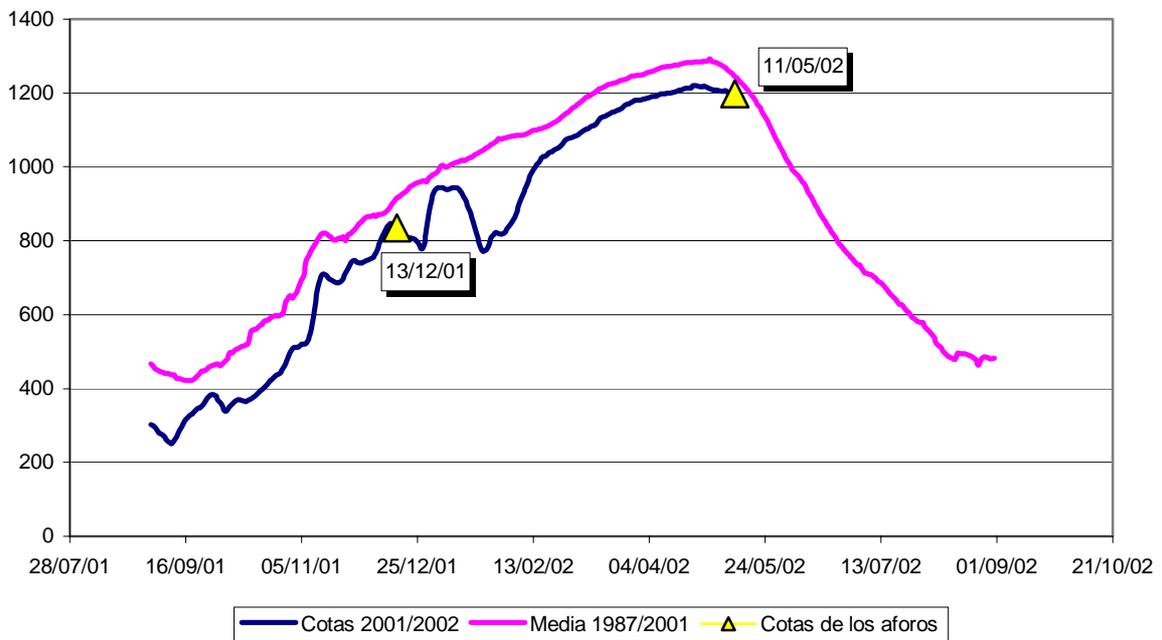
Posición de los aforos sobre el hidrograma de la estación de Seda Loreto (Nanay)



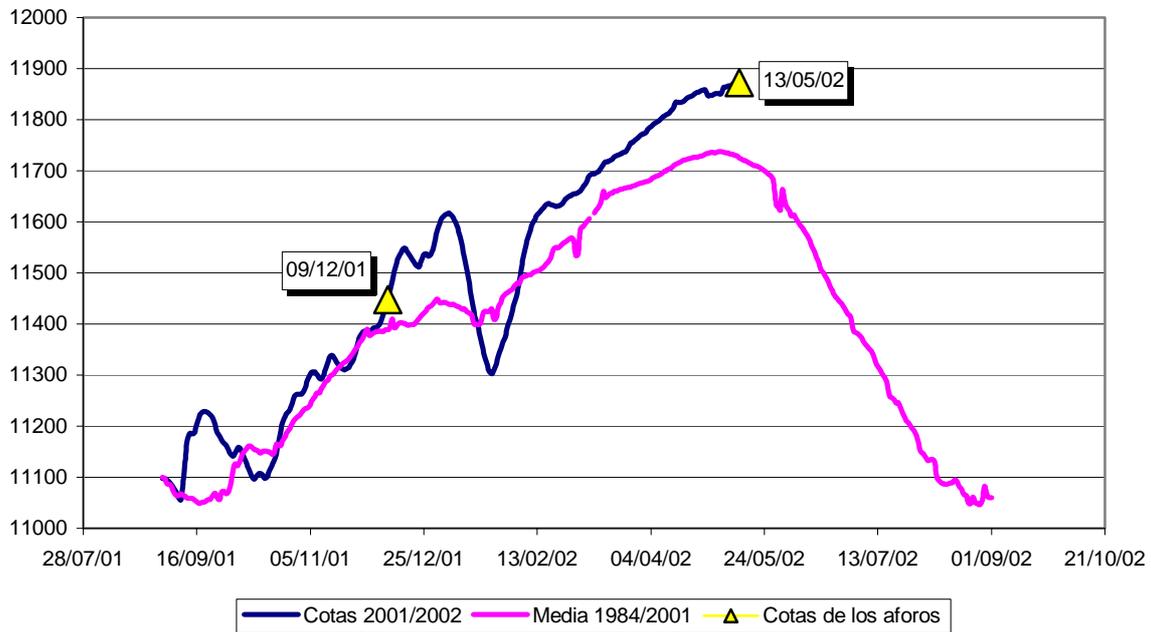
Posición de los aforos sobre el hidrograma de la estación de Bellavista (Napo)



Posición de los aforos sobre el hidrograma de la estación de Requena (Ucayali)



Posición de los aforos sobre el hidrograma de la estación de Tamshiyacu (Amazonas)



5.2. Muestreo de agua y de sedimentos

Durante la comisión 'P2', se realizó el muestreo de agua y sedimentos en cada una de las 6 secciones de aforo.

Los parámetros físico-químicos del agua (temperatura, conductividad, pH, turbidez) fueron medidos 'in situ', en la embarcación. La determinación de la alcalinidad (concentración en HCO_3^-) fue realizada en la embarcación, después del muestreo, con el método potenciométrico. Todas las muestras fueron filtradas en la propia embarcación, con filtros de diferentes tipos y porosidades, en función del tipo de análisis a ser realizados. Las concentraciones de materia en suspensión (MES) se determinarían en el laboratorio de Toulouse - Francia, después de la comisión y a partir de los filtros.

Tabla 2 : Resultados de las mediciones de caudales

Amazonas en Tamishiaku		Marañon en Nauta				Ucayali en Requena				
Archivo de configuración	napo.wrc	napo.wrc				napo.wrc				
Fecha	13/05/02	12/05/02	12/05/02	12/05/02	12/05/02	11/05/02	11/05/02	11/05/02	11/05/02	11/05/02
Hora	13:09	15:41	15:31	15:17	15:04	18:20	18:13	18:09	18:01	17:56
Cota										
Archivo	amaz003	mara003	mara002	mara001	mara000	ucay007	ucay006	ucay005	ucay003	ucay002
Caudal total (m3/s)	34815	24 245	23 581	23 777	23 287	17 886	18 608	18 165	17 768	17 616
Media de los aforos	34815				23 723					18 009
Caudal medido (m3/s)	29542	20 615	20 089	20 192	19 854	15 859	16 384	16 022	15 611	15 711
Caudal "Top" (m3/s)	2412	1 653	1 588	1 609	1 566	825	934	832	894	760
Caudal "Bottom" (m3/s)	2776	1 953	1 879	1 918	1 850	1 199	1 294	1 207	1 247	1 137
Caudal orillas (m3/s)	85	25	26	59	17	3	-5	103	16	7
Velocidad mediana (m/s)	1,69	1,85	1,80	1,83	1,99	1,27	1,71	1,34	1,54	1,19
Área total (m2)	20643	13 123	13 116	13 022	11 731	14 106	10 903	13 599	11 562	14 769
Área medida (m2)	20465	13 007	12 940	12 985	11 598	14 069	10 848	13 302	11 488	14 721
Área orillas (m2)	178	116	176	37	133	38	55	297	74	49
Anchura total (m)	1213	884	896	876	878	648	628	595	671	701
Anchura medida (m)	1168	824	836	816	818	617	598	535	611	641
Distancia Inicio (m)	25	50	50	50	50	25	10	50	50	50
Distancia Final (m)	20	10	10	10	10	6	20	10	10	10
Distancia final Est (m)	851	-486	322	-477	327	536	-538	475	-546	583
Distancia finale Norte (m)	800	665	-772	663	-750	-305	260	-245	274	-265
duración (s)	679	527	608	534	597	339	345	220	363	251
Direction del Perfil (grados)	47	-36	-23	-36	-24	-60	-64	-63	-63	-66

Napo en Mazan		Nanay en Iquitos				
Archivo de configuración	napo.wrc	beni.cfg				
Fecha	10/05/02	10/05/02	9/05/02	9/05/02	9/05/02	9/05/02
Hora	12:55	12:41	12:19	12:16	12:12	12:08
Cota	napo003	napo002	peru003	peru002	peru001	peru000
Archivo	8 221	7 959	754	721	746	704
Caudal total (m3/s)		8 090				731
Media de los aforos	6 046	5 838	613	596	614	584
Caudal medido (m3/s)	1 334	1 240	67	63	61	59
Caudal "Top" (m3/s)	833	853	54	53	55	55
Caudal "Bottom" (m3/s)	7	28	20	9	16	5
Caudal orillas (m3/s)	1,07	1,18	0,31	0,28	0,30	0,31
Velocidad mediana (m/s)	7 653	6 766	2 444	2 567	2 457	2 304
Área total (m2)	7 641	6 742	2 244	2 346	2 246	2 188
Área medida (m2)	13	23	200	220	211	116
Área orillas (m2)	1 263	1 312	235	234	237	233
Anchura total (m)	1 256	1 252	175	174	177	173
Anchura medida (m)	5	50	30	30	50	50
Distancia Inicio (m)	2	10	30	30	10	10
Distancia Final (m)	899	-896	143	-143	144	-144
Distancia final Est (m)	-877	874	102	-99	102	-96
Distancia finale Norte (m)	661	727	196	167	178	163
duración (s)	-46	-46	55	55	55	56

**Tabla 3 : Características de los puntos de muestreo
(Mediciones físico-químicas in situ)**

Código	Río	Estación	Fecha	Hora	Nivel	Caudal	Lat.	Long.	Alt.	T	Cond.	Turb.	pH
					cm	(m³/s)	S	W	m	°C	uS/cm	NTU	
Pe2.01	Nanay	Iquitos	09/05/02	11h00		731	03°45'097	73°17'107	111	26.2	7.7	3.48	4.7
Pe2.02	Napo	Mazan	10/05/02	10h10	462	8090	03°25'266	73°01'399	113	27.2	37.0	56	6.37
Pe2.03	Ucayali	Requena	11/05/02	16h30	1195	18009	05°01'644	73°49'652	115	26.6	173.4	244	6.96
Pe2.04	Marañon	Nauta	12/05/02	15h00	806	23723	04°29'282	73°33'150	117	26.0	129.3	100	7.09
Pe2.05	Amazonas	Tamshiyacu	13/05/02	13h00	760	38815	04°00'188	73°09'703	115	26.3	143.8	116	6.96

VI. CONCLUSIONES

Por segunda vez en el Perú, se ha realizado la campaña integral de aforos en las estaciones hidrológicas que el SENAMHI opera en la cuenca Amazónica, utilizando para ello una nueva tecnología de medición de caudales : un modelo ADCP 600 Khz. funcionando con el efecto Doppler, este modelo de ADCP se adapta mejor que el 1 200 KhZ, para el caso de los ríos peruanos de la llanura amazónica, que son mas anchos, profundos y caudalosos.

Se realizaron en 7 días de comisión, 21 aforos en 6 secciones diferentes en las cuales fueron medidos además los caudales con muestreos sedimentarios y geoquímicas, mediciones que se realizaron por primera vez en las secciones:

- Requena en el río Ucayali
- Tamishiyacu en el río Amazonas.

Estas mediciones permiten también obtener perfiles batimétricos perfectos y detallados de cada secciones además de permitir los cálculos de flujos hídricos, sedimentarios y geoquímicas.

Miniglosario :

IRD : Instituto de Investigación para el Desarrollo
SENAMHI : Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
MES : Materia En Suspensión

Lista de las tablas :

Tabla 1 : Cronograma de la comisión P1
Tabla 2 : Resultados de las mediciones de caudales
Tabla 3 : Características de los puntos de muestreo

Lista de los anexos :

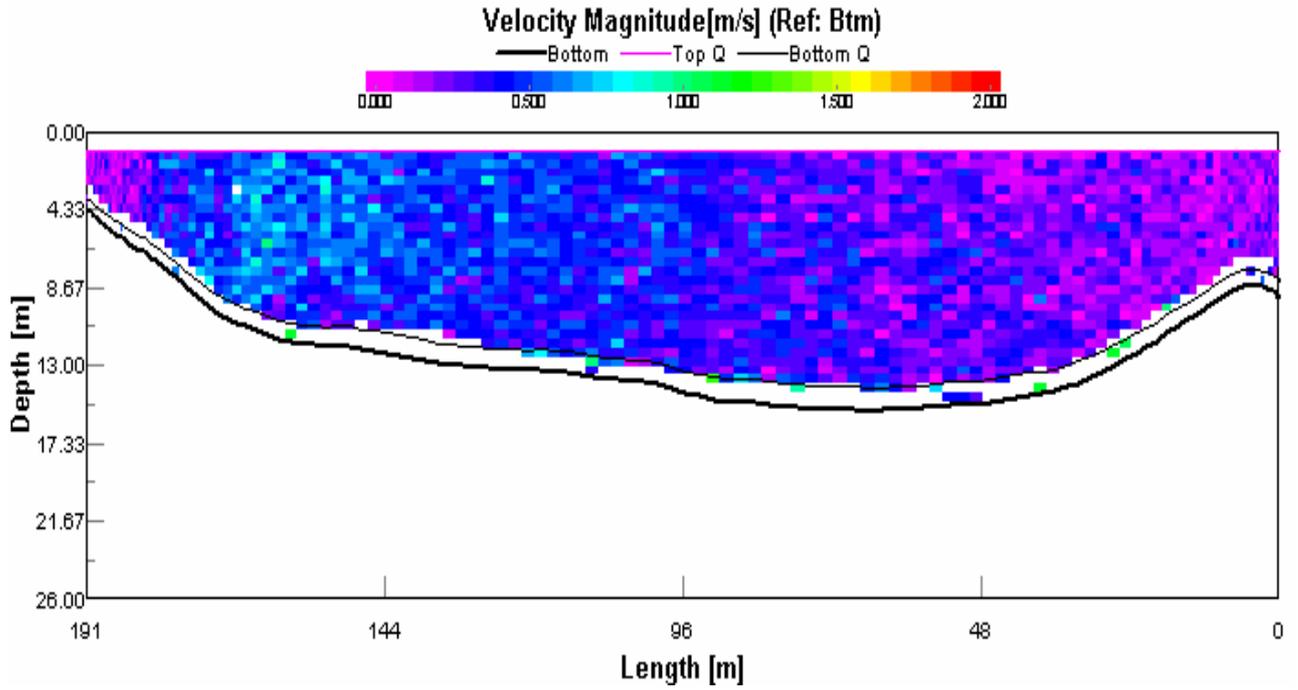
Anexo 1 : Gráficos de mediciones de caudales con ADCP
(Perfiles batimétricos y campo de repartición de las velocidades y
intensidades en las secciones estudiadas)

Anexo 1

Gráficos de mediciones de caudales
con ADCP

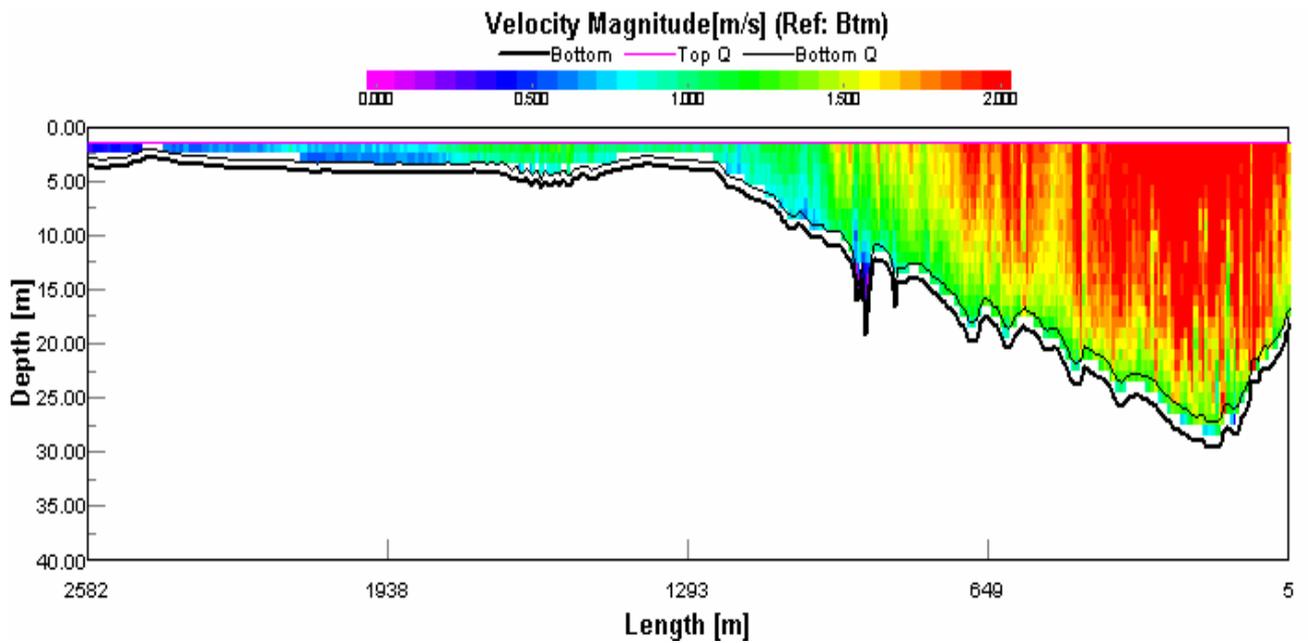
RIO NANAY – SEDALORETO – 09/05/02

CAUDAL: 736 m³/s



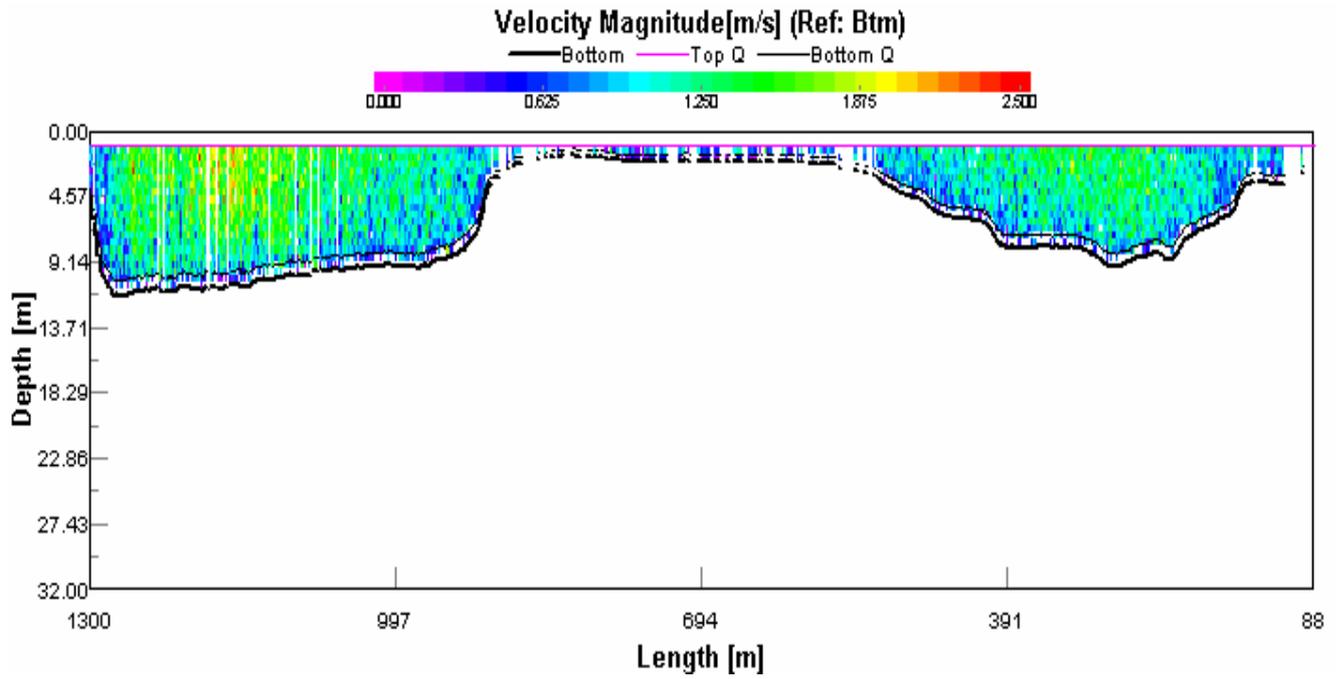
RIO AMAZONAS – IQUITOS(ENAPUPERU) – 09/05/02

CAUDAL: 34 350 m³/s



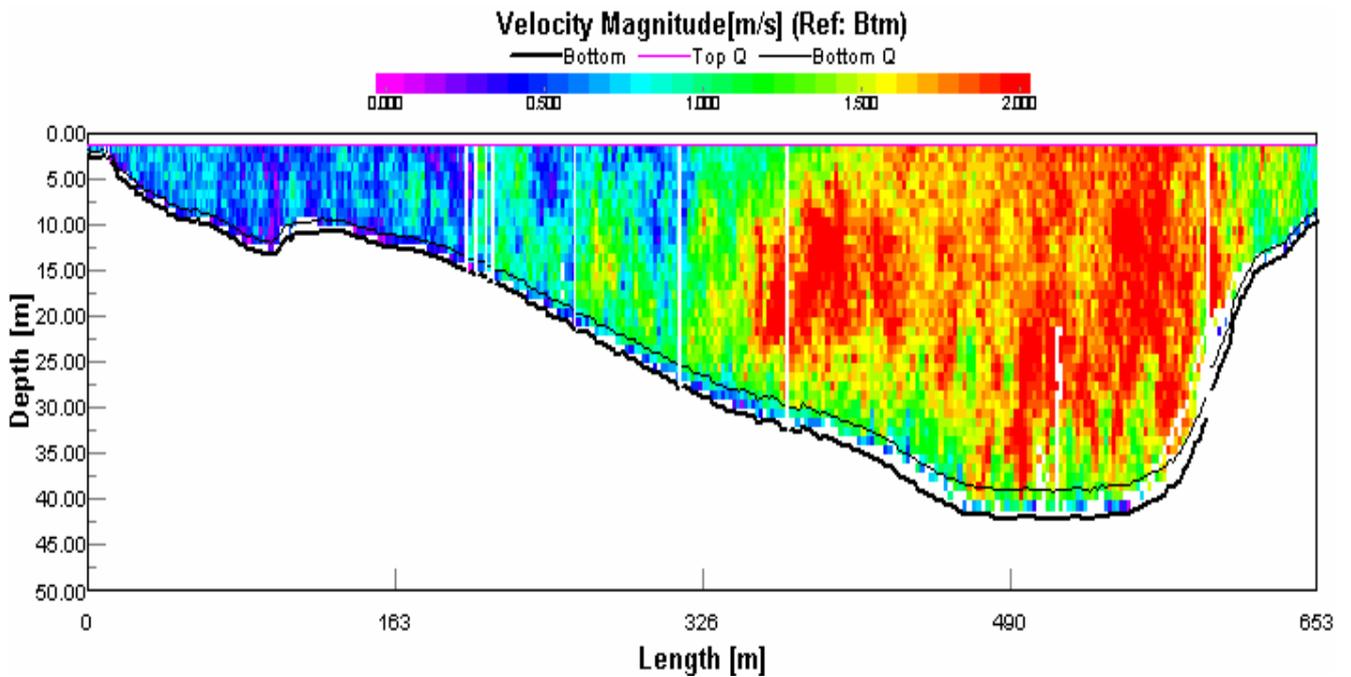
RIO NAPO – BELLAVISTA – 10/05/02

CAUDAL: 8 140 m³/s



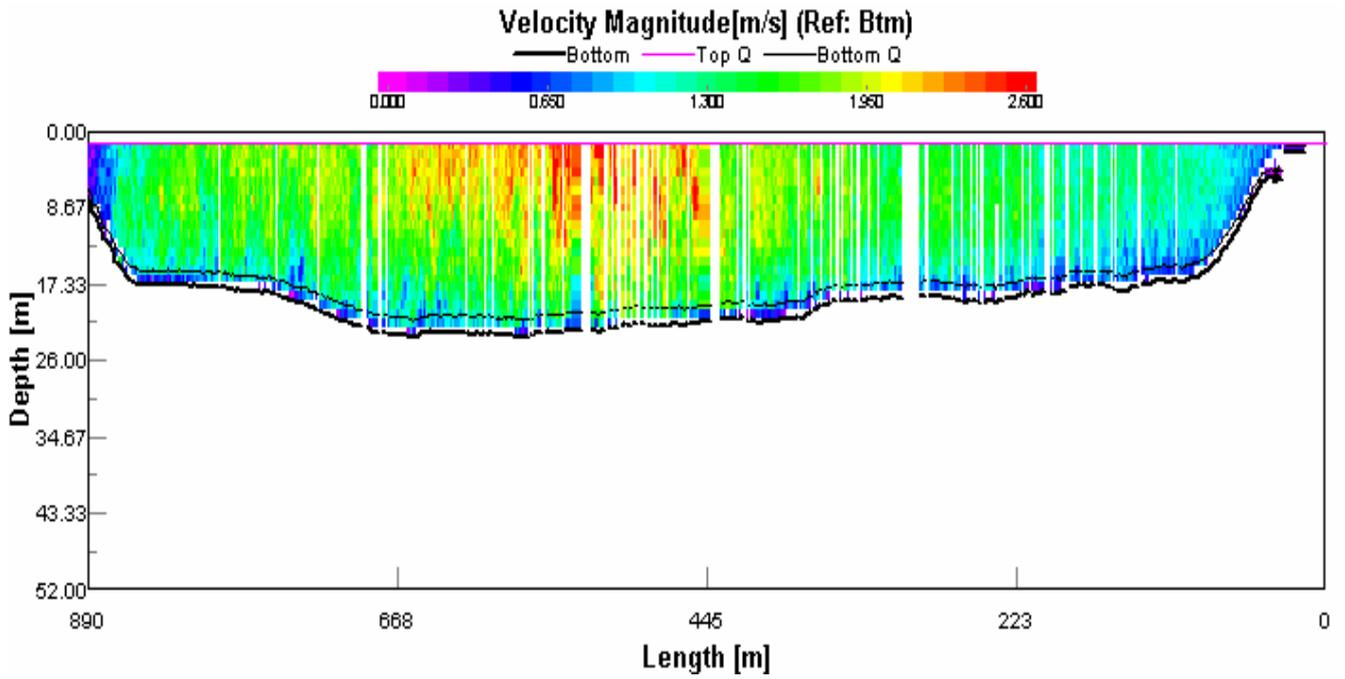
RIO UCAYALI – REQUENA – 11/05/02

CAUDAL: 18 010 m³/s



RIO MARAÑON – NAUTA – 12/05/02

CAUDAL: 23 720 m³/s



RIO AMAZONAS – TAMISHIYACU – 13/05/02

CAUDAL: 34 770 m³/s

