



* Hidrogeodinámica de la Cuenca
Amazónica
Hydrogéodynamique du Bassin
Amazonien

IRD - INAMHI

**19^{na} Comisión de aforos,
muestreo de agua y sedimentos
Cuencas de los ríos Pastaza y Santiago**

Quito ⇨ Tena ⇨ Santiago
⇨ Pastaza ⇨ Pto. Hermano Miguel ⇨ Tena ⇨ Quito

código E19 : (26 Febrero – 07 Marzo de 2002)



Foto 1 : Observador muestreando desde el puente sobre el Río Pastaza

*Alain Laraque, Rodrigo Pombosa,
Philippe Magat, Catalina Cerón*



Nelson Salazar

Director Ejecutivo del INAMHI

Milton Silva

Director de Hidrología del INAMHI

Edison Heredia

Coordinador INAMHI del Proyecto HYBAM/Ecuador

Francis Kahn

Representante del IRD en Ecuador

Jean Loup Guyot

Responsable del proyecto HYBAM, UR 069 - Toulouse

Alain Laraque

Coordinador IRD del proyecto HYBAM/Ecuador

Edición del informe

Alain Laraque
Rodrigo Pombosa
Philippe Magat
Catalina Cerón
Elisa Armijos

IRD - Quito
INAMHI – Quito
IRD - Quito
EPN - Quito
UCE - Quito

Publicación HYBAM

Quito

Abril de 2002

SUMARIO

1. OBJETIVOS DE LA COMISIÓN

2. PARTICIPANTES

3. ACTIVIDADES DE CAMPO

3.1 Medición de caudales

3.2 Muestras de agua

3.3. Mediciones “ in situ”

3.4. Filtraciones de las muestras

4. DESARROLLO DE LA COMISIÓN

5. RESULTADOS

5.1. Mediciones de caudales

5.2. Muestreo de agua y sedimentos

6. FINANCIAMIENTO DE LA COMISIÓN

7. CONCLUSIONES

LÉXICO

ANEXOS

Lista de fotos :

Foto 1 : Observador muestreando desde el puente sobre el Río Pastaza

Lista de figuras :

Figura 1 : Estaciones de Referencia del Proyecto HYBAm-Ecuador (Cuencas de los Ríos Napo, Pastaza y Santiago)

Figura 2 : Limnigramas diarios

Figura 3 : Curvas de gasto

Lista de tablas :

Tabla 1: Cronograma de la comisión E19

Tabla 2: Resultados de las mediciones de caudales

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

Lista de anexos :

Anexo 1 : Localización de las estaciones de medición de caudales y de los puntos de muestreo – limnigrama - curva de gasto

Anexo 2 : Gráficos de mediciones de caudales con ADCP (perfiles batimétricos y campo de repartición de las velocidades en las secciones estudiadas)

Anexo 3 – Flujograma de muestreo y tratamiento de muestras

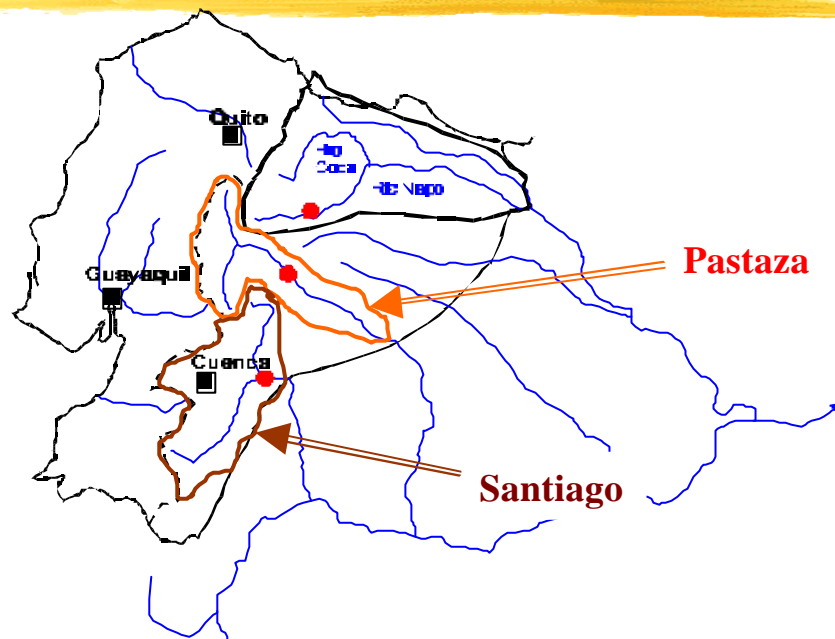
1. OBJETIVOS DE LA COMISIÓN

El principal objetivo fue comenzar la calibración de las estaciones de referencia del proyecto HYBAM con el uso de una nueva tecnología de medición de caudales: un ADCP modelo 1200 Khz adaptado a las configuraciones de los ríos ecuatorianos.

También se continuó el estudio de los flujos sedimentarios en las cuencas orientales (Figura 1), con el manejo regular de las estaciones de referencia de MES.

Se realizaron en 10 días de comisión, 10 aforos en 2 secciones diferentes, y muestreos sedimentarios y geoquímicos, capacitación de campo para un funcionario del INAMHI y 1 estudiante (1 de la EPN).

Estaciones de Referencia del proyecto HYBAM – Ecuador (Cuencas de los Rios Santiago y Pastaza)



2. PARTICIPANTES :

↳ INAMHI - (Quito)	Rodrigo Pombosa
↳ IRD - (Quito)	Philippe Magat
↳ EPN - (Quito)	Catalina Cerón
↳ IRD - (Quito)	Alain Laraque

3. ACTIVIDADES DE CAMPO

3.1 Medición de caudales

Se utilizó un ADCP (RDI – río Grande) de 1200 khz con un soporte tipo *body board*.

También se hizo una medición utilizando un ecobatímetro EAGLE Strata 128 y un GPS Garmin Etrex.

3.2 Muestras de agua

Las muestras para análisis específicos de agua fueron tomadas con un balde suspendido a una cuerda desde los puentes o con un frasco de 500 ml directamente desde una lancha localizada al frente de la corriente. Con la lancha colocada en 25, 50 y 75% de la sección de medición, se realizó cada vez tres muestreos previos con el agua del propio río para acondicionar los frascos, antes de tomar la muestra definitiva para el estudio de la materia en suspensión y de la materia disuelta.

3.3. Mediciones “ in situ”

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

1. Conductivímetro WTW LF 318 ($A_p = \pm 0.1 \mu S.cm^{-1}$)
2. pH metro WTW PH 320 ($A_p = \pm 0.01$)
3. Turbidímetro AQUALITYC ($A_p = \pm 0.01 NTU$)

Las localizaciones (latitud, longitud) de los puntos de muestreo fueron medidas con :

3. GPS GARMIN Etrex ($A_p = \pm 3-10 m$)
del Sistema Prov.S. Am'56.

En ciertos casos en ausencia de reglas limnimétricas (ejemplo del puente sobre el río Coca), la cota del río fue medida con una cinta a partir de una marca sobre el puente. En estos casos, tenemos cotas negativas. En valor absoluto, cuando mas grande están las cotas, mas bajo está el nivel del río.

3.4. Filtración de las muestras

Todas las muestras fueron filtradas en el laboratorio del INAMHI al regreso a Quito, 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 $0.45\mu m$ de porosidad. El líquido filtrado esta destinado al análisis de los elementos disueltos mayores (An.3).

4. DESARROLLO DE LA COMISIÓN

Esta comisión se dividió en 3 partes :

Parte 1: cuencas del Pastaza y Santiago con etapa de 5 días de Quito hasta Santiago.

Parte 2: etapa de 5 días para análisis del Río Napo a la altura del Pto. Hermano Miguel debido al peculiar comportamiento hídrico y socavación que presenta, y regreso hasta Quito.

Tabla 1: Cronograma de la comisión E19

	Ciudades	parte 1						parte2					Días
		Quito	Quito ---> Tena	Tena---> Santiago	Santiago	Santiago	Sant--> Past-->Tena	Tena -->Pto.Hno.Miguel	Pto. Hno. Miguel	Pto. Hno. Miguel	Pto.Hno.Miguel -->Tena	Tena ---> Quito	
Personal	Sigla	25-feb	26-feb	27-feb	28-feb	1-mar	2-mar	3-mar	4-mar	5-mar	6-mar	7-mar	
Alain Laraque	AL	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	10
Catalina Cerón	CC	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	10
Philippe Magat	PM	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	10
Rodrigo Pombosa	RP	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	10
Numero personas	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
<i>número de días</i>			1	2	3	4	5	7	7	7	8	9	

Legenda

Trechos

- Etapa terrestre (carro/bus) +
- Etapa de barco +
- Preparación en tierra o trabajo +
- Etapa de avión +

📅 25 de febrero:

En Quito :

- Preparación del material para la comisión.
- Cargamento del carro del IRD.

📅 26 de febrero:

- Viaje Quito - Tena por tierra para Rodrigo, Alain, Caty y Philippe.

📅 27 de febrero:

- Viaje por tierra de Tena a Santiago - duración: 17 h.

📅 28 de febrero:

- Aforo del río Santiago en Puerto Santiago con el ADCP (5 mediciones) y muestreo en el punto E19.01: Río Santiago en Santiago.

📅 1 de marzo

- Trabajo de gabinete, ensayo de muestras y pruebas de equipo.
- muestreos de agua y sedimento a profundidad en tres verticales representativas en la sección E19.02: Río Santiago en Santiago.
- No se pudo continuar el viaje este día debido a la lluvia excesiva y derrumbes en la única carretera de salida.

📅 2 de marzo:

- Viaje por tierra de regreso de Santiago hasta Pastaza (duración 12 h).
- Aforo del Río Pastaza desde el Puente de la Unión, muestreo E19-03 desde el mismo puente.
- Medición topográfica de los pilares y el sitio de muestreo sobre el puente, con respecto a una referencia fija.
- Diálogo con el observador quien recomenzará las mediciones después de la paralización producida por la reconstrucción del puente, recuperación de muestras y datos existentes.
- Viaje por tierra desde el Puente del Pastaza en La Unión hasta Tena.

📅 3 de marzo:

- Viaje de carro desde Tena hasta Pto. Santa Rosa.
- Viaje de canoa desde el Pto. Santa Rosa hasta el puerto Hermano Miguel.

📅 4 de marzo:

- Análisis del fenómeno hídrico que presenta el Río Napo cerca del Pto. Hermano Miguel.
- Batimetría de las secciones de interés.

📅 5 de marzo: .

- Trabajo de gabinete

📅 6 de marzo:

- Viaje de canoa desde el Pto. Hno. Miguel al Pto. Santa Rosa.
- Viaje por tierra desde el Pto. Santa Rosa a Tena.

☞ **7 de marzo:**

- Muestreo superficial desde el puente E19.04.
- Recuperación de muestras diarias tomadas por el observador Casiano Andi (Jatunyacu.D.J.Ilocullin), pago al observador de noviembre a febrero del 2002.
- Viaje por tierra de regreso de Tena a Quito.

Tabla 2 : Resultados de las mediciones de caudales

Cód.	río	estación	Codigo	fecha	hora	Cota	Ancho	Caudal	Num.	dQ	archivo	Arc. configuracion
Muestra			INAMHI			m	m	(m³/s)	Medi.	%	ADCP	ADCP (*.wrc)
E19.01	Santiago	Santiago	HB28	28/02/02	13h30	0,99	222	1143	6	2,96	E19Sant00(xi)	Config profondeur10
E19.03	Pastaza	La Union	HB27	02/03/02	11h30	-12,00	111	423	4	2,33		E19Pasta00(xi)
E19.04	Jatunyacu	DJ. Ilocullín	H721	07/03/02	14h00	0,54	-	-	-	-		

Total 2 secciones; 10 perfiles; media dQ =2,65 %

Tabla 3 : Características de los puntos de muestreo

(Mediciones físico-químicas de las muestras de comisión)

Código muestra	Río	Estación	Fecha	Hora	Punto de muestreo		Altitud	Cota	Caudal	T	pH	C.E.	Turb.	MES*
					Latitud	Longitud								
							<i>m.s.n.m</i>	<i>m</i>	<i>m³/s</i>	<i>°C</i>		<i>uS/cm</i>	<i>NTU</i>	<i>mg/l</i>
E19.01	Santiago	Santiago	28-Feb-02	13h30	S03°03'10.8"	W78°00'80.7"	500	1.00	1143	25.0	6.76	79.7	1100	1133.3
E19.02**	Santiago	Santiago	01-Mar-02	11h40	S03°03'10.8"	W78°00'80.7"	<i>500</i>	0.86	-	-	6.51	66.3	79	155.4
E19.03	Pastaza	La Union	02-Mar-02	11h30	S01°54'50.6"	W77°49'29.7"	800	-12.00	423	-	6.63	169.7	167	202.6
E19.04	Jatunyacu	D.J. Ilocullin	07-Mar-02	14h00	S01°05'14.1"	W77°55'09.2"	570	0.54	142	-	7.01	102.4	7	6.8

Leyenda :

(*) = los MES son determinados en laboratorio

(**) = propiedades de la muestra superficial de la vertical media

en negrita = datos "in situ"

Coordenadas : son de los puntos de muestreo tomadas con el Sistema Prov.S. Am'56 del GPS

Altitudes : **en negrita = altitud INAMHI**

en normal = altitud GPS

en *itálico* = altitud hitos militares

5. RESULTADOS

5.1. Mediciones de caudales

La época de la comisión E19, (Noviembre) está caracterizada por aguas en crecida en las cuencas de los ríos Napo, Pastaza y Santiago (Fig. 2).

La localización (orillas izquierda y derecha) de las secciones de medición fue determinada con geoposicionamiento por satélite (GPS) y ploteadas en los mapas planimétricos del IGM en la escala 1/500 000 (Anexo 1).

Los resultados de las 23 mediciones de caudales en las 7 secciones con correntómetro acústico de efecto Doppler (ADCP) de frecuencia de 1200 Khz, están resumidos en la tabla 2, y los gráficos del software WINRIVER (RDI) o TRANSECT se encuentran en el anexo 2.

La metodología adoptada consiste en calcular la media aritmética de 4 aforos (es decir durante dos recorridos de ida y vuelta entre las orillas) en la misma sección. La medición es considerada “buena” (desvío $dQ < 5\%$) cuando la velocidad media en la sección es $> 0.4 \text{ m.s}^{-1}$ y cuando la parte del caudal realmente medida con el ADCP es $> 50\%$ del caudal total.

Durante esta comisión, la mayoría de las mediciones de caudales presentan un desvío $dQ < 3\%$.

El desvío dQ corresponde a : $dQ (\%) = \text{DESVIACION ESTANDAR (Q)} / \text{MEDIA (Q)} \times 100$

Para cada sección de medición de caudal, en el anexo 2 se presentan 2 gráficos que corresponden respectivamente a:

1. la trayectoria del barco (línea roja) y velocidades superficiales (líneas azules) en las primeras celdas.
2. el perfil de las velocidades en la sección.

Los resultados de las comisiones del proyecto HYBAM permiten completar o realizar las curvas de gasto de las estaciones de la red del INAMHI (fig.3).

5.1.1. río Santiago en Santiago : 28 de febrero : Cota = 0,99 m; $Q = 1143 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$

Se trata de una buena sección de aforo, apesar de tener la presencia de varias bandas blancas sin datos, durante el aforo con ADCP.

5.1.2. río Pastaza en la Union : 02 de marzo : Cota = -12 m; $Q = 423 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$

Por primera vez se realizo un aforo con ADCP en el rio Pastaza a partir de la puente colgante de la Union.

Esta sección es buena, pero difícil para medir con el ADCP. La medición se hace desde el puente de La Union, con el ADCP y su soporte flotante, amarrado con una soga. La transmisión de datos se hace via modem hasta el laptop que se queda en la orilla. Debido a las fuertes velocidades y las olas presentes en la orilla derecha, la medición necesita muchos cuidados para no perder el equipo. Estas turbulencias explican la presencia de varias bandas blancas sin datos, durante el aforo con el ADCP.

6. FINANCIAMIENTO DE LA COMISIÓN

La campaña E19 fue financiada por el IRD (Programa HYBAM), con el apoyo técnico del personal del INAMHI y del material (vehículos, aparatos) del IRD.

7. CONCLUSIONES

Se realizaron en 10 días de comisión, 10 aforos en 2 secciones.

Estas mediciones permiten también obtener perfiles batimétricos perfectos y detallados de cada sección, y ayudan a determinar con más precisión los flujos hídricos, sedimentarios y geoquímicos.

También se continuó el manejo regular de las estaciones de referencia de MES en las cuencas orientales (Figura 1).

- En fin, se continua con la capacitación de campo para un funcionario del INAMHI y un estudiante (1 de la EPN) al uso del ADCP.

Léxico :

EPN	: Escuela Politécnica Nacional
INAMHI	: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
IRD	: Instituto de Investigación para el Desarrollo
UCE	: Universidad Central del Ecuador

Figura 2 : Limnigramas diarios (datos brutos)

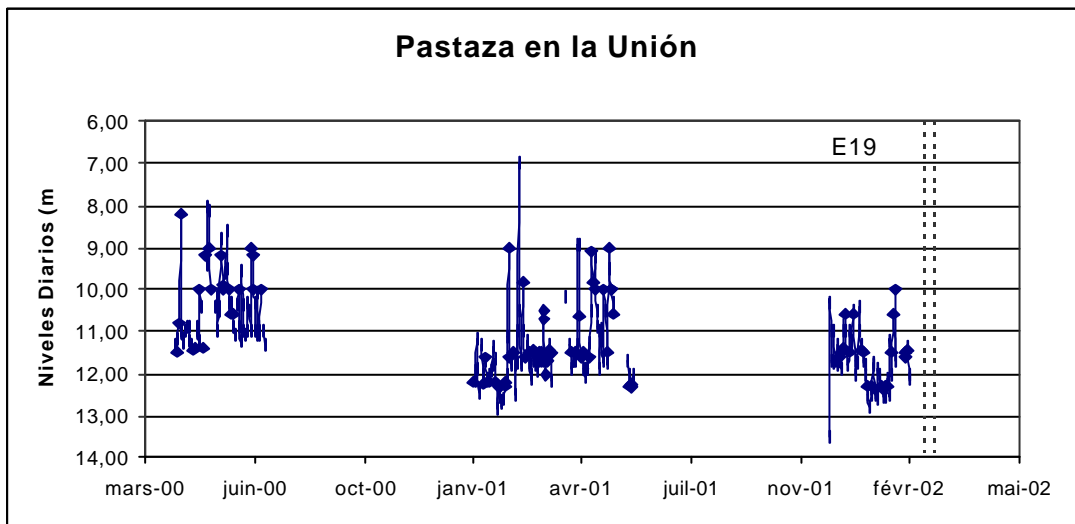
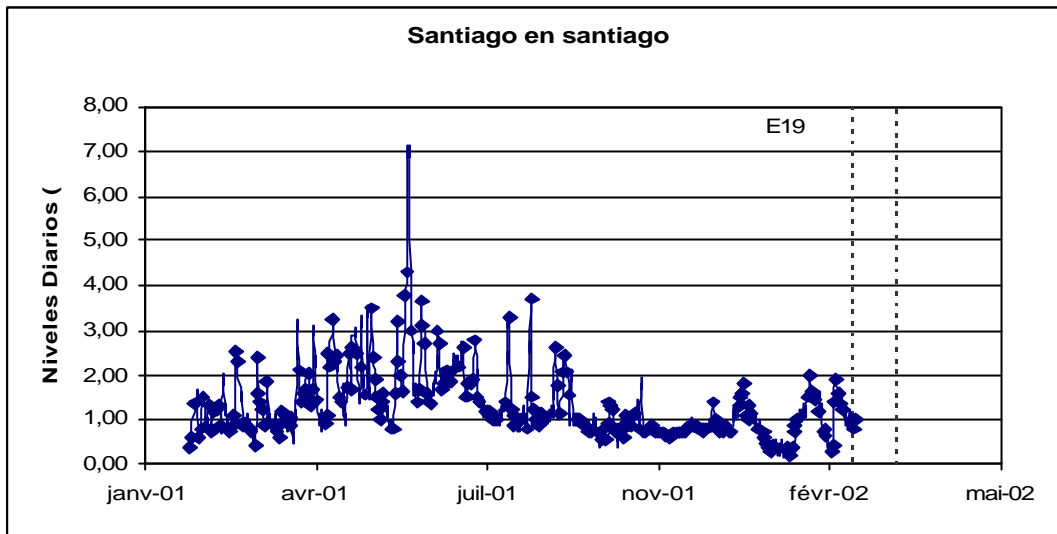
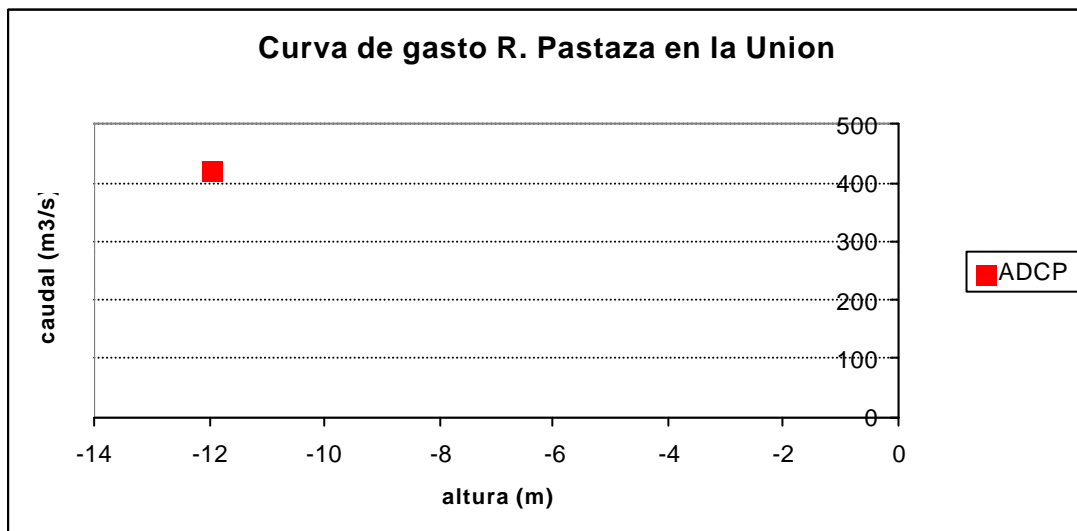
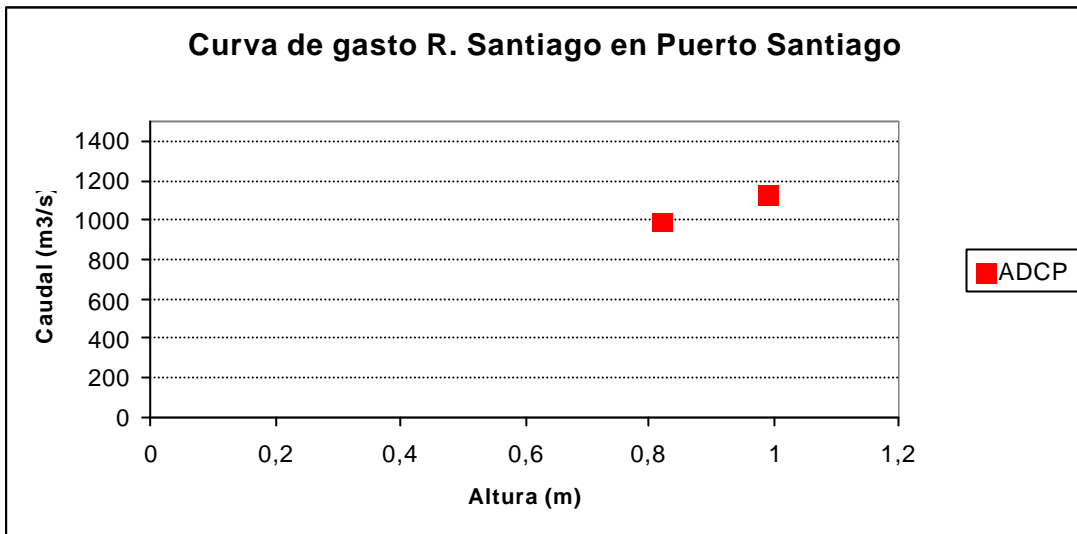


Figura 3 : Curvas de gasto

Anexo 1

**Localización de las estaciones
de medición de caudales
y de los puntos de muestreo**

Medición de caudales Muestreo de agua y de sedimentos

E19.01. río Santiago en Santiago: 28/02/02 : 13h30

Orilla izquierda	Lat. : S 03°03'12.1"	Long. : W 78°00'56.9"
Orilla derecha	Lat. : S 03°03'06.4"	Long. : W 78°01'01.0"
Punto de muestreo	Lat. : S 03°03'10.8"	Long. : W 78°00'80.7"

(con el Sistema Prov.S. Am'56 del GPS)

LOCALIZACION:

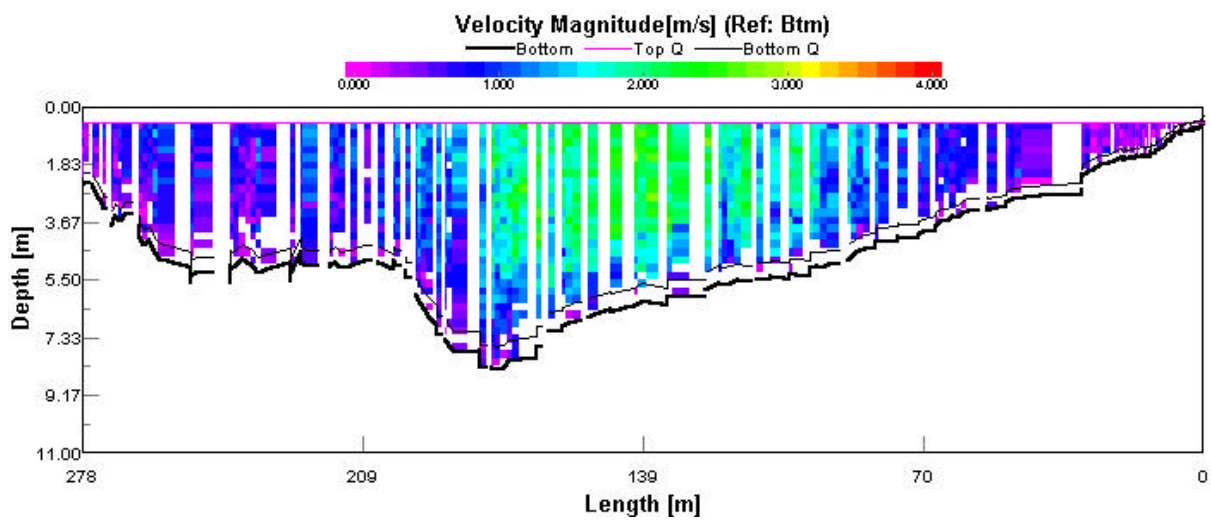
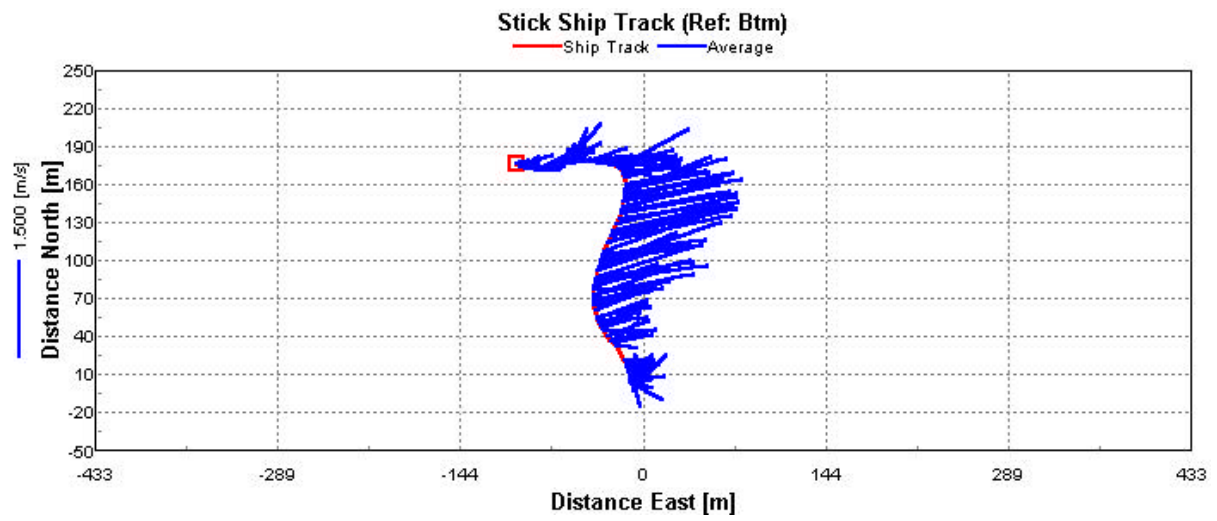


Anexo 2

**Gráficos de mediciones
de caudales con ADCP**
(perfiles batimétricos - campo de
repartición de las velocidades en las
secciones estudiadas)

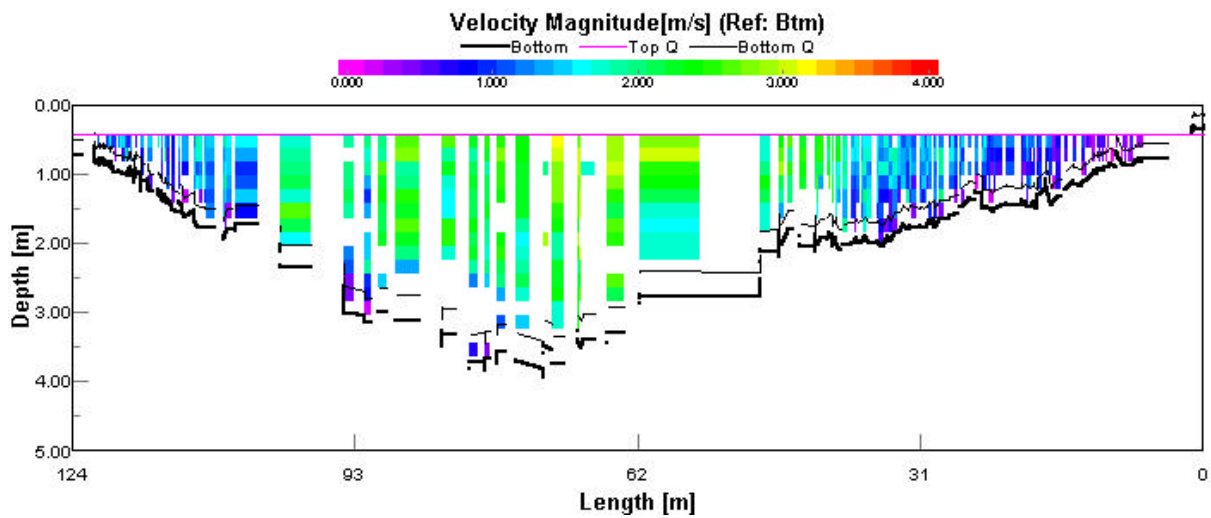
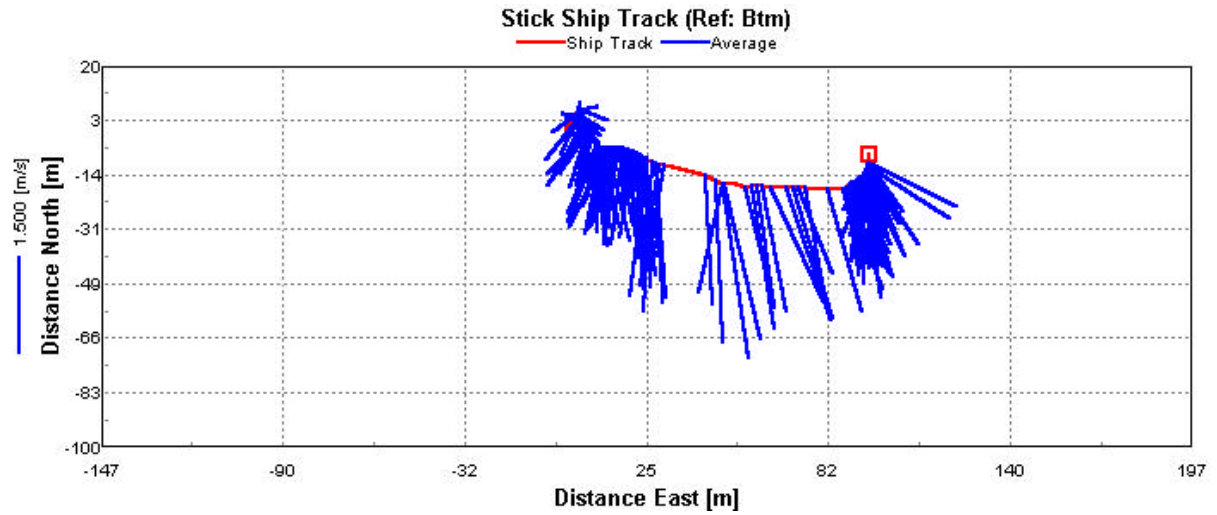
N19.01 – río Santiago en Santiago

[28/02/02 – N = 0,99 - 13h30 – 1146 m³.s⁻¹ – E19Sant005r]



N19.03 – río Pastaza en La Union

[02/03/02 – N = -12 - 11h30 – 419 m³.s⁻¹ – E19Pasta003r]



Anexo 3

**Flujograma de muestreo
y tratamiento de muestras**