



\*Hidrogeodinámica de la Cuenca Amazónica  
Hydrogéodynamique du Bassin Amazonien

IRD - INAMHI

**38° Comisión de aforos.  
muestreo de agua y sedimentos  
Cuencas de los ríos Napo, Santiago y Pastaza**

Quito ⇨ Coca ⇨ Lago Agrio ⇨  
Coca ⇨ Santiago ⇨ La Union ⇨ Tena ⇨ Quito

**Código E38: (9 de julio– 17 de julio 2003)**



*Foto 1: seccion de San Sebastian (rio Coca)*

*Philippe Magat, Rodrigo Pombosa,  
Elisa Armijos y Florent Sarrazy*



*Gustavo García*

Director Ejecutivo del INAMHI

*Gustavo Gomez*

Director de Hidrología del INAMHI

*Rodrigo Pombosa*

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**

*Philippe Magat*

*IRD - Quito*

---

Publicación HYBAM Quito  
Julio de 2003

## SUMARIO

- 1. OBJETIVOS DE LA COMISIÓN**
- 2. PARTICIPANTES**
- 3. ACTIVIDADES DE CAMPO**
  - 3.1 Medición de caudales
  - 3.2 Muestreo de agua y sedimentos
  - 3.3 Medición “ *in situ*”
  - 3.4 Filtración de las muestras
- 4. DESARROLLO DE LA COMISIÓN**
- 5. RESULTADOS**
  - 5.1 Medición de caudales
  - 5.2 Muestreo de agua y sedimentos
- 6. FINANCIAMIENTO DE LA COMISIÓN**
- 7. CONCLUSIONES**
- LÉXICO**
- ANEXOS**

\*\*\*\*\*

### Lista de fotos :

Foto 1: Estación de San Sebastian (Río Coca).

### Lista de figura :

- Figura1: Localización de las Cuencas de los Ríos Napo, Pastaza y Santiago, con sus estaciones de referencia – Proyecto Hybam Ecuador .
- Figura 2: Limnigramas y curvas de gasto

### Lista de tabla :

- Tabla 1: Cronograma de la comisión E38.
- 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: Gráficos de mediciones de caudales con ADCP ( perfiles batimétricos,campo de repartición de las velocidades e intensidades en las secciones estudiadas).

*La localización de las estaciones de medición de caudales y de los puntos de muestreo así como el flujograma de muestreo y tratamiento de muestras y los datos DGPS son colocados en el fascículo « 0 » común a todas las comisiones respectivamente.*

## 1. OBJETIVOS DE LA COMISIÓN

El principal objetivo fue continuar con la calibración de las estaciones de referencia del proyecto HYBAM con el uso del ADCP modelo 1200 kHz adaptado a las configuraciones de los principales Ríos de las Cuencas de Napo, Pastaza y Santiago .

También se continuó el estudio de los flujos sedimentarios en la Cuenca Oriental de los Ríos Napo, Pastaza y Santiago (Figura 1), y con el manejo regular de las estaciones de referencia de MES.

Se realizaron en 9 días de comisión, 17 aforos en 5 secciones diferentes, con muestreos sedimentarios y geoquímicos.

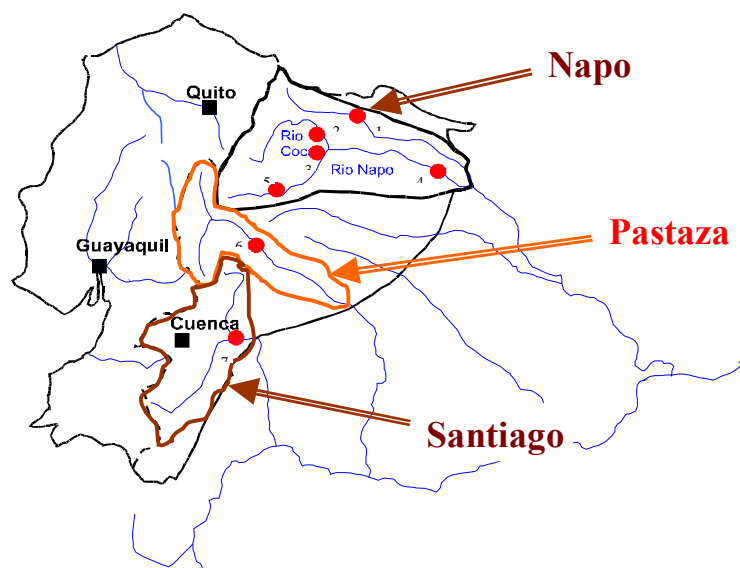


Figura1: Localización de las Cuencas de los Ríos Napo, Pastaza y Santiago, con sus estaciones de referencia – Proyecto Hybam Ecuador .

## 2. PARTICIPANTES :

↔ INAMHI - (Quito)

Rodrigo Pombosa

↔ INAMHI - (Quito)

Elisa Armijos

↔ IRD - (Quito)

Philippe Magat

↔ IRD - (Quito)

Florent Sarrazy

### **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* y con el soporte metálico.

En ciertos casos en ausencia de reglas limnimétricas (ejemplo del puente sobre el río Pastaza), la cota del río fue medida con una cinta a partir de una marca sobre el puente colgante, en estos casos tenemos valores negativos en valor absoluto, cuando más grande es el valor, más bajo está el nivel del río. En el informe, consideramos los valores de cota a partir de un valor de referencia para las siguientes estaciones: San Sebastián, Nueva Loja y La Unión.

#### **3.2 Muestreo de agua**

Se realizó tres muestreos previos con el agua del mismo río para acondicionar los frascos antes de tomar la muestra definitiva.

Las muestras para análisis específicos del material en suspensión y del material disuelto del agua fueron tomadas desde una lancha localizada al frente de la corriente; con la lancha colocada en 25%, 50 y 75% del ancho de la sección de medición. En cada vertical se realizaron, tres muestreos puntuales: en la superficie, en el medio y en el fondo en La Unión, el dispositivo fue diferente, se tomó en cuenta la velocidad del agua, se hizo tres muestros en la superficie.

#### **3.3. Mediciones “*in situ*”**

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

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

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

- 4 GPS GARMIN 12XLS (  $A_p = \pm 3-10 \text{ m}$  )  
con el Sistema WGS 84..

#### **3.4. Filtración de las muestras**

Todas las muestras fueron filtradas en el laboratorio del HyBam al regreso a Quito, e inmediatamente conservadas en una caja refrigerante.

Para la determinación del material 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 $\mu\text{m}$  de porosidad. El líquido filtrado está destinado al análisis de los elementos disueltos mayores.

### **4. DESARROLLO DE LA COMISIÓN**

Cuenca del Napo con etapa de 3 días de Quito, Coca, San Sebastián, Nueva Loja, Quito. Con Elisa fue realizado un muestreo para el “ORE” el día 10.

En la sección ubicada en la gabarra sobre el Río Aguarico, el ADCP no funcionó completamente, con el antecedente que ya hubieron problemas el día anterior en San

Sebastián. Por tal motivo decidimos regresar a Quito para arreglar este problema. A desmontar el ADCP, fue visible: (1) el fusible estaba quemado, (2) la funda llena de “silicagel” era rota y una grande parte del producto había estallado dentro de los circuitos eletronicos. El cable de 5 metros estaba en mal estado (corto circuito); además, el soft “winriver” mostraba indicaciones y ordenes falsas. Pensamos que la causa principal era el cable (posiblemente el “silicagel” fue el responsable de la quemada en la protección eléctrica y del disfuncionamiento del soft. Después del cambio del fusible (3A, 220 V.), la limpieza general, aprovechamos para cambiar las juntas de caucho. Con el cable largo de 25 metros, el ADCP funciona perfectamente. Así que decidimos regresar inmediatamente al campo.

Durante este período Elisa se encargo de buscar un nuevo observador ya que el observador del Ejército no cumplió con sus obligaciones teniendo como resultado datos de muy mala calidad al igual que los de la Marina.

Fue recolocado el Orphimède que tenía problemas el mes pasado.

El día 14, partimos para las cuencas de Santiago y Pastaza . Regresando por Macas, Puyo, y Jatunyacu hasta Quito (3 días).

**Tabla 1: Cronograma de la comisión E34**

	<b>Ciudades</b>										
		→Quito- Coca	→Coca- S. Sebastián- Coca	→Coca- Aguatico →Quito	Quito	Quito	→Quito- Santiago	→Santiago Macas	→Macas - Tena	→Tena- Quito	
<b>Personal</b>	<b>Sigla</b>	<b>9-julio</b>	<b>10-julio</b>	<b>11-julio</b>	<b>12-julio</b>	<b>13-julio</b>	<b>14-julio</b>	<b>15-julio</b>	<b>16-julio</b>	<b>17-julio</b>	<b>días</b>
Elisa Armijos	EA		+	+	+						3
Philippe Magat	PM	+	+	+			+	+	+	+	7
Rodrigo Pombosa	RP	+	+	+			+	+	+	+	7
Florent Sarrazy	FS	+	+	+			+	+	+	+	7
<b>Número de personas</b>	4										24/p/d
<b>Número de días</b>		1	2	3	(4)	(5)	6	7	8	9	

**Leyenda**

**Trechos**

**Etapas terrestres (carro) +**

**📅 9 de julio**

Viaje Quito-Coca

**📅 10 de julio:**

Visita a la estación de Napo en Coca (Militares, BS19); reinstalación del Orphymèdes y trabajo con el observador (Sgto Ayala). Aforos líquidos y sólidos en Coca y San Sebastián y muestreo (E38.01; E38.02). Muestro "Ore".

**📅 11 de julio:**

Viaje Coca – Nueva Loja– era imposible de hacer los aforos por defecto total del ADCP. Dejamos los frascos al observador quien estaba ausente. Regreso a Quito  
Elisa permanece en Coca para buscar un observador serio y regresa de bus a Quito.

**📅 12 de julio:**

En el Inamhi, hicimos las reparaciones necesarias del conjunto ADCP.

**📅 14 de julio:**

Viaje por tierra Quito - Santiago: duración 13 h. con una parada en el puente La Unión sobre el Río Pastaza, se observa que la cota está en un punto bajo por lo que se decide realizar un aforo al retorno esperando que contar con un nivel más alto y así poder obtener un punto representativo en la curva de descarga.

**📅 15 de julio:**

Aforo del río Santiago en Santiago, con el ADCP y muestreo de agua y sedimento en tres verticales (E38.03). Recuperación de muestras y datos recolectados por el observador. Viaje de Santiago hasta Macas.

**📅 16 de julio:**

Viaje por tierra: Macas- La Unión: el nivel del río había subido unos centímetros con respecto al día anterior.

Aforo del río Pastaza; varias mediciones de caudal desde el puente siempre es difícil de hacer los aforos con el "body-board".

Tres muestreos superficiales de agua y sedimento a 25, 50 y 75% de la sección (E38.04).

Recuperación de muestras y datos existentes con el observador.

Parece que la observadora se trasladó a otra ciudad; por lo que se contrató un reemplazo.

Por la tarde, viaje La Unión - Jatunyacu - Tena. Recuperación de las muestras y de los datos en Jatunyacu.

**📅 17 de julio:**

Viaje hasta Quito.

**Tabla 2: Resultados de las mediciones de caudales**

Código muestra	Río	Estación	Código HYBAM	Código INAMHI*	Fecha	Hora	Cota media	Ancho (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	N° Medi.	dQ %	Caudal con GPS
E38.01	Napo	Coca	10 080 900	HB25	10/07/03	10h45	3,46	201	838	5	4,8	
E38.02	Coca	San Sebastián	10 081 900	HB24	10/07/03	13h00	3,94	130	350	4	8,1	
E38.03	Santiago	Santiago	10 062 800	HB28	15/07/03	10h45	1,38	196	1651	4	1,3	
E38.04	Pastaza	La Union	10 066 500	HB27	16/07/03	09h30	3,15	103	519	1	-	
	Pastaza	La Union	10 066 500	HB27	16/07/03	11h00	2,85	88	447	3	6,9	

\* nuevos códigos INAMHI desde abril 2002

**Total: 5 valores de caudales; 17 perfiles; media dQ = 5,3 %**

**Tabla 3: Características de los puntos de muestreo  
(Mediciones físico-químicas "in situ" 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>m<sup>3</sup>/s</i>	<i>°C</i>		<i>uS/cm</i>	<i>NTU</i>	<i>mg/l</i>
<b>E38.01**</b>	Napo	Coca	10-07-03	10h45	<b>S00°28'24.9"</b>	<b>W76°58'49.3"</b>	<b>273</b>	3,46	838	25,3	7,35	52,6	35,0	29,8
<b>E38.02**</b>	Coca	San Sebastián	10-07-03	13h00	<b>S00°20'34.9"</b>	<b>W77°00'20.9"</b>	290	3,90	350	23,5	7,80	111,5	124,0	199,8
<b>E38.03**</b>	Santiago	Santiago	15-07-03	10h00	<b>S03°03'13.1"</b>	<b>W78°01'02.3"</b>	300	1,38	1651	24,6	7,81	64,9	90,0	86,5
<b>E38.04**</b>	Pastaza	La Unión	16-07-03	09h30	<b>S01°54'52.2"</b>	<b>W77°49'30.8"</b>	<b>663</b>	3,00	483	20,1	7,95	127,8	26,0	38,3
<b>E38.05**</b>	Jatunyacu	D.J. Illocullin	16-07-03	15h30	<b>S01°05'00.1"</b>	<b>W77°55'07.2"</b>	570	0,00	-	24,8	7,87	86,3	20,0	20,3

(\*) = los MES son determinados en laboratorio

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

Coordenadas Punto de muestreo:

**en negrita= GPS sistema WGS 84 (desde 01/01/2003) (sistema actual)**

**Altitudes:**

en normal : altitud GPS

**en itálico negrita: altitud DGPS**



## 5. RESULTADOS

### 5.1 Mediciones de caudales

La época de la comisión E38 (Julio) está caracterizada por aguas en crecida en la cuenca amazónica, pero esta vez las aguas eran medio altas.

La localización (orillas izquierda y derecha) de las secciones de medición fueron determinadas con geoposicionamiento por satélite (GPS) y ploteadas en los mapas planimétricos del IGM en la escala 1/500 000 (Anexo 1, fascículo "0").

Los resultados de las 17 mediciones de caudales que fueron consideradas en las 5 secciones con correntómetro acústico de efecto Doppler (ADCP) de frecuencia de 1200 kHz, son resumidos en la tabla 2 y los gráficos del software WINRIVER (RDI) se encuentran en el anexo 1 del informe.

La metodología adoptada consiste en calcular al menos 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  $> 5\%$  del caudal total.

Durante esta comisión, la mitad de las mediciones de caudales presentan un desvío  $dQ < 5\%$  dentro de una misma sección con diferentes mediciones, el desvío observado varía de 1,30 % hasta 8,10 %, en función de las características de la sección.

Los valores de los aforos son ploteados para poder construir las curvas de gasto; de forma general esos valores son buenos.

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 1 se presentan 3 gráficos que corresponden respectivamente a:

1. la trayectoria del barco (línea roja) y velocidades superficiales en las primeras celdas (líneas azules).
2. el perfil de las velocidades en la sección.
3. las intensidades del "beam3" del ADCP.

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

#### 5.1.1 Río Napo en Coca: 10 de julio – 10h45: cota (regla al muelle BS19) = 3,46 m;

$$Q = 838 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

La sección de medición frente al muelle del hotel La Misión es la más adecuada en todos los tiempos.

#### 5.1.2 Río Coca en San Sebastián del Coca: 10 de julio – 13h00; cota coregida= 3,94m.;

$$Q = 341,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Buena sección de medición.

#### 5.1.3 Río Santiago: 15 de julio; cota = 1,38m; $Q = 1651 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

Excelente sección de medición, y muy pocas bandas blancas durante el aforo con ADCP.

**5.1.4 Río Pastaza: 16 de julio; cota coregida= 3,15m ; Q = 519 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>**

**5.1.5 Río Pastaza: 16 de julio; cota coregida= 2,85m ; Q = 447 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>**

Esta sección no es muy adecuada, es siempre difícil de efectuar el aforo con ADCP a partir del puente colgante. Conseguimos tener dos puntos válidos en la curva de descarga con un caudal medio.

## **5.2 Muestreo de agua y de sedimentos**

Durante la comisión 'E38', las secciones fueron muestreadas en tres verticales y a tres profundidades por vertical a excepción de La Union, donde los puntos de muestreo son superficiales tal como se indica en la Tabla 3.

Los parámetros físico-químicos del agua (temperatura, conductividad, pH, turbiedad, oxígeno disuelto) fueron medidos *in situ*, desde la canoa. La determinación de la alcalinidad (concentración en HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) fue realizada en el laboratorio, con el método potenciométrico. Todas las muestras fueron filtradas, con filtros en acetato de celulosa de 0,45 µm de porosidad, para determinar las concentraciones de materia en suspensión (MES) en el laboratorio HYBAM en Quito, después de la comisión .

## **6. FINANCIAMIENTO DE LA COMISIÓN**

La comisión E38 fue financiada por el IRD (Programa HYBAM) con su propio material, (vehículos, aparatos)..

## **7. CONCLUSIÓN**

Se realizaron en 9 días de comisión, 17 aforos con ADCP, (se obtuvieron 6 valores para las curvas de gasto) además de 3 puntos de muestreos sedimentarios y geoquímicos..

Estas mediciones permiten también obtener perfiles batimétricos perfectos y detallados de cada sección a fin de facilitar los cálculos de flujos hídricos, sedimentarios y geoquímicos; y de evaluar los fenómenos de divagación fluvial.

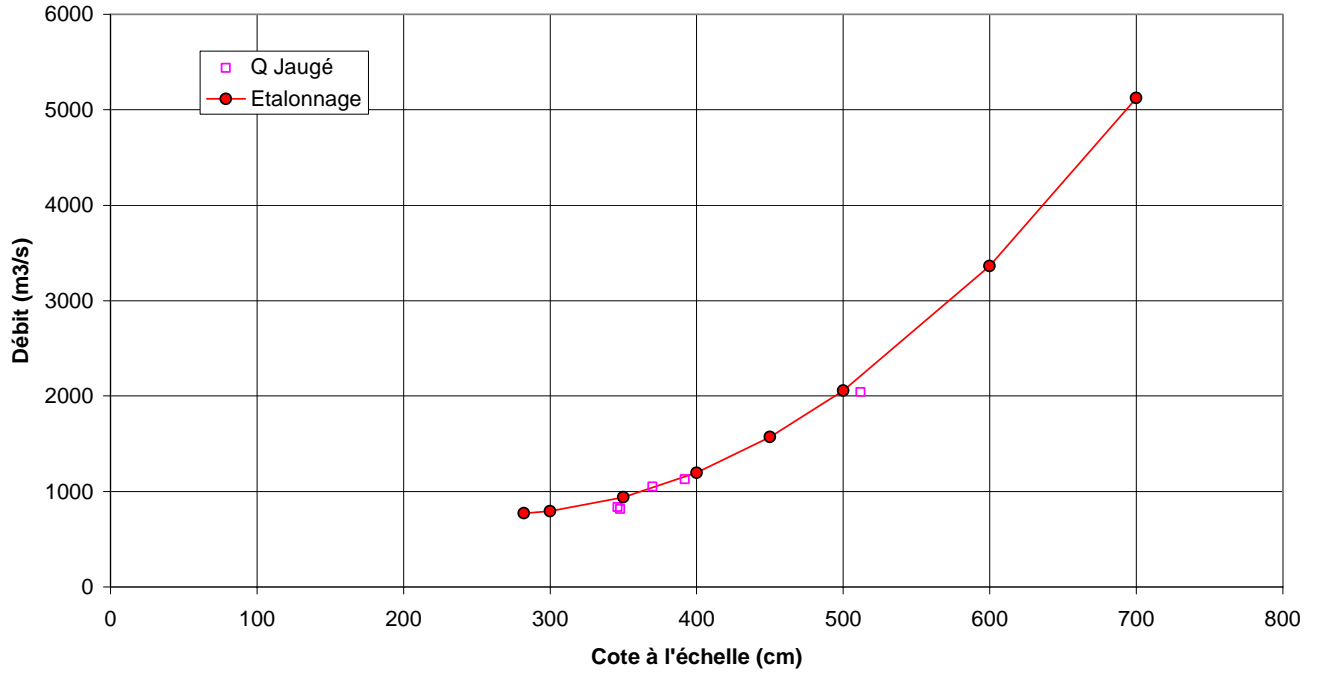
También se continuó con el manejo regular de las estaciones de referencia de MES en las cuencas orientales (Figuras 1a, 1b).

### **Léxico :**

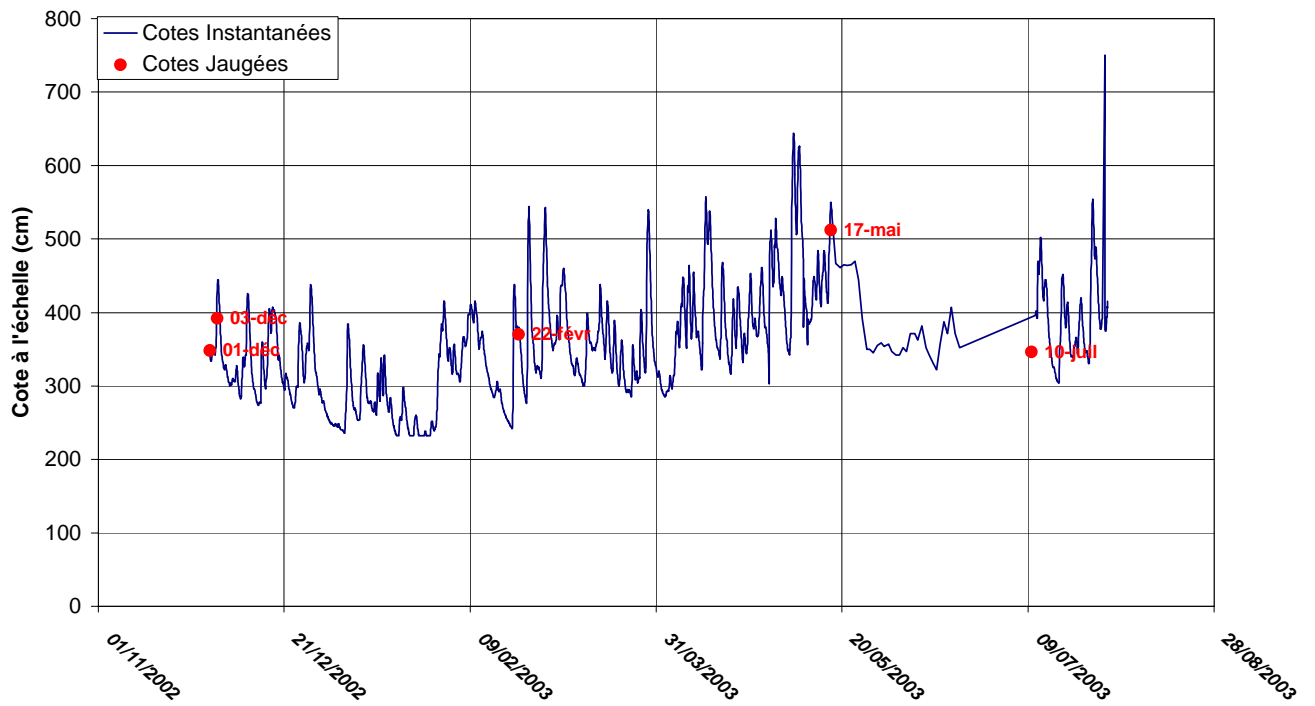
INAMHI : Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología  
IRD : Instituto de Investigación para el Desarrollo en Cooperación  
ORE : Observatory of Research Environmental

## FIGURAS 2 Limnigramas y curvas de gasto

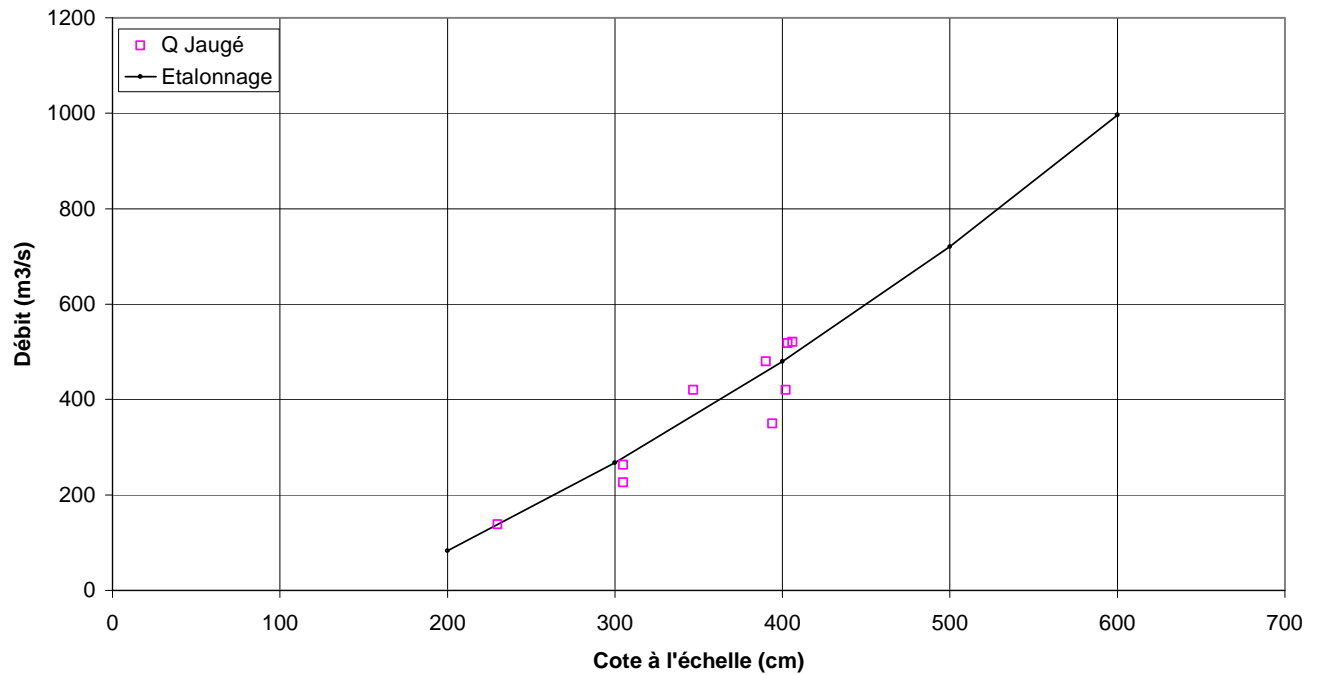
Etalonnage de Coca - Francisco de Orellana, capteur IOph  
Validité a/c 01/11/02



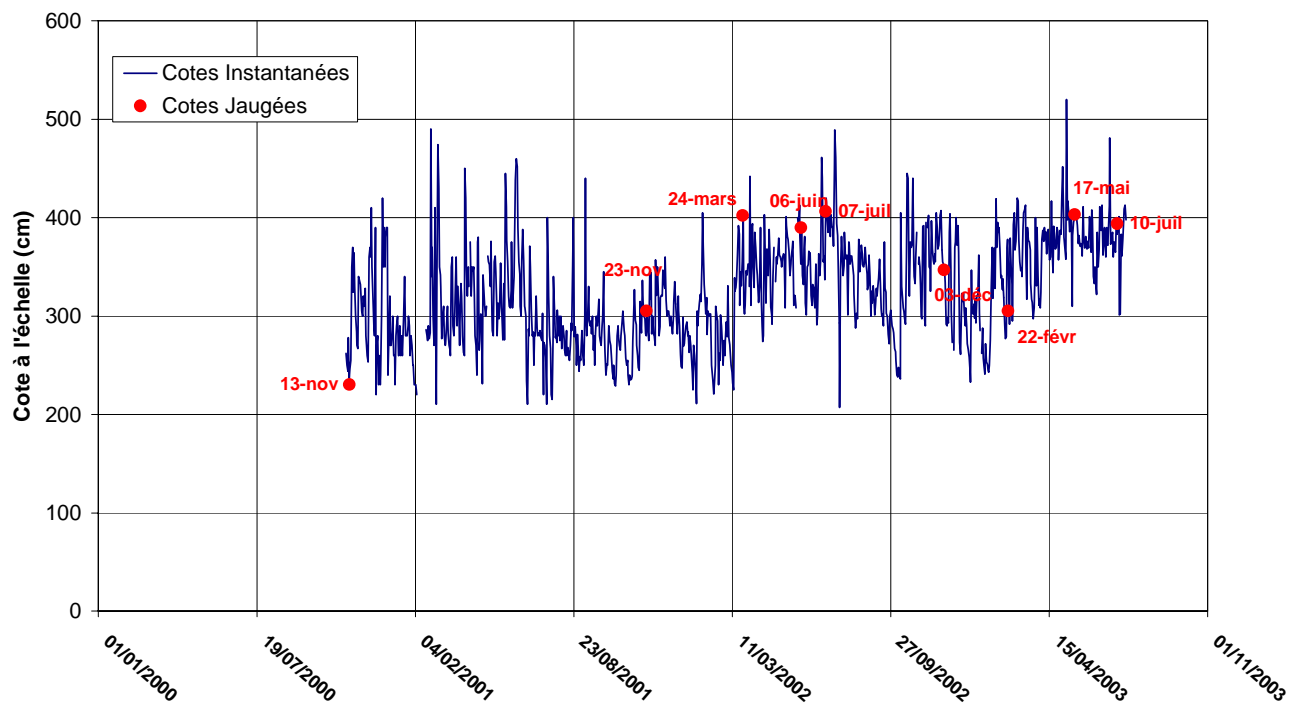
Pointage des Cotes Jaugées de Coca - Francisco de Orellana, capteur IOph



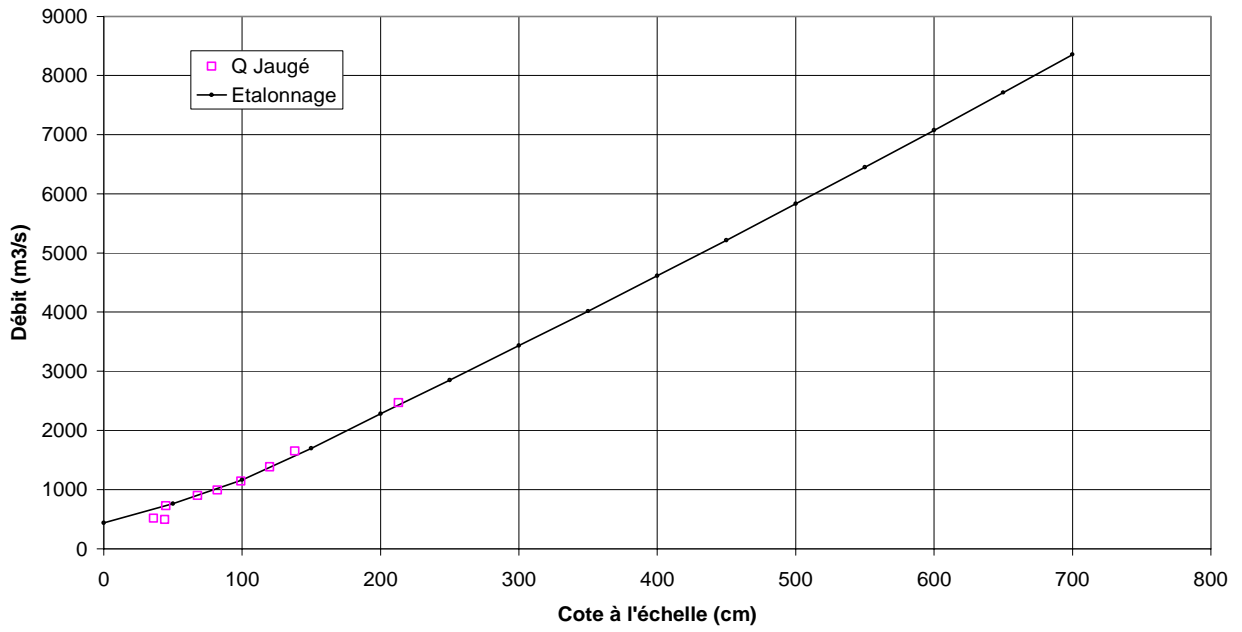
Etalonnage de San Sebastian, capteur I1  
Validité a/c 01/01/00



Pointage des Cotes Jaugées de San Sebastian, capteur I1 >

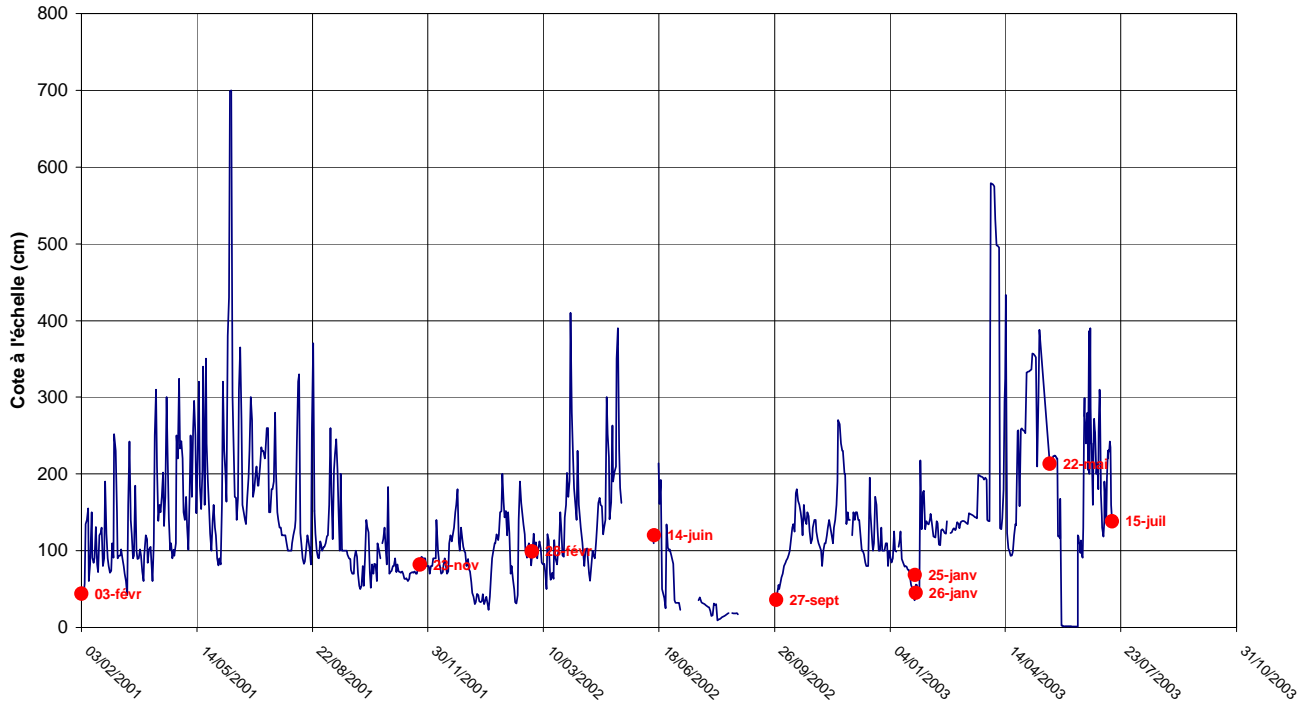


Etalonnage de Santiago, capteur I1  
Validité du 03/02/01 au 30/12/9999

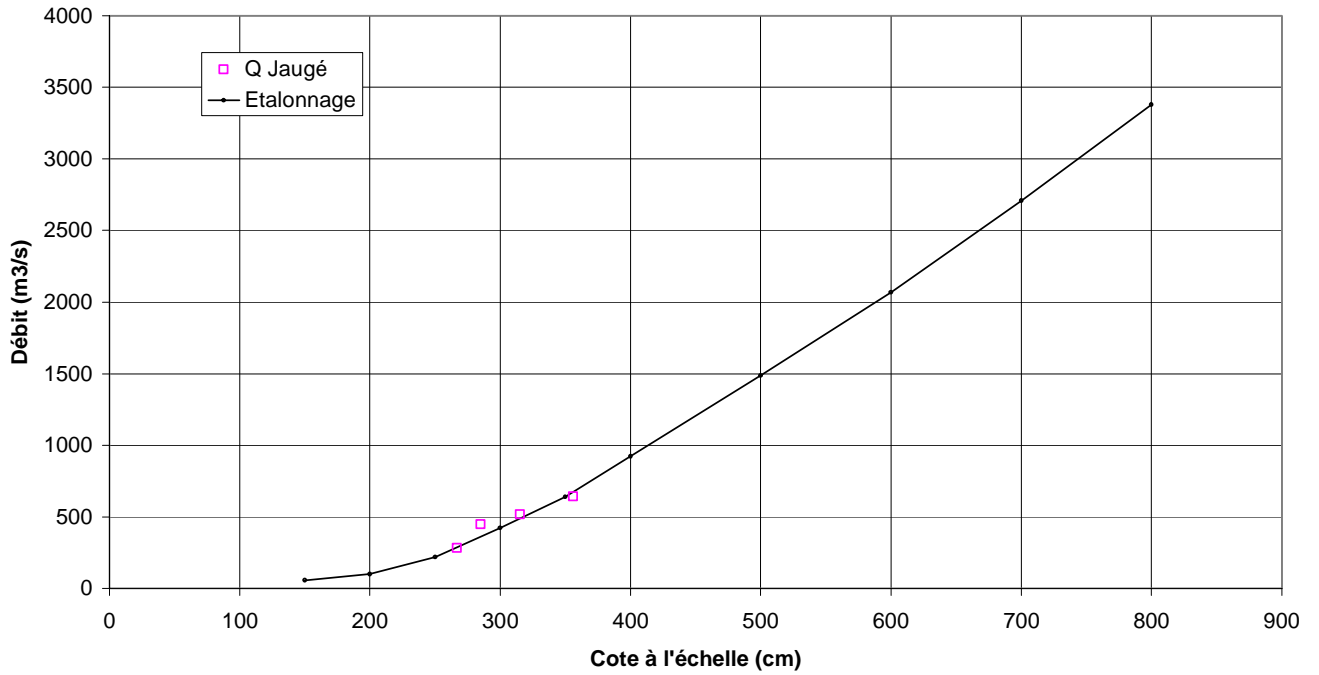


- Cotes Instantanées
- Cotes Jaugées

Pointage des Cotes Jaugées de Santiago

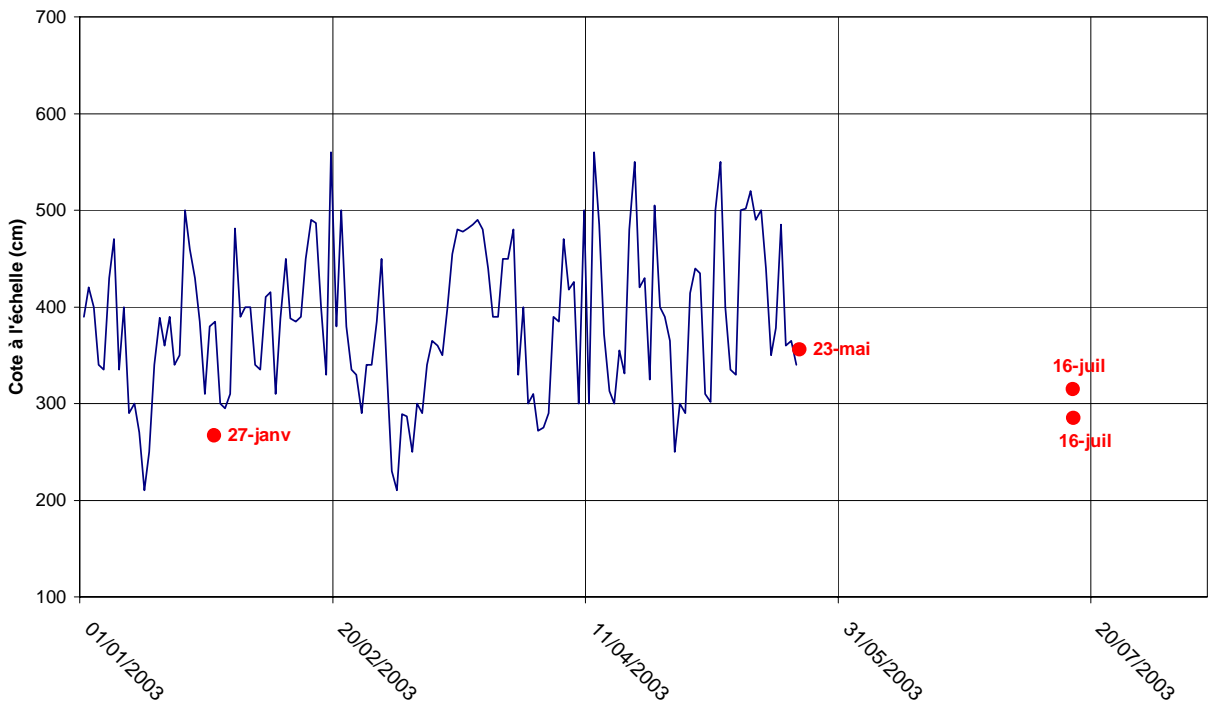


Etalonnage de Pastaza en la Unión, capteur ICota  
Validité a/c 01/01/03

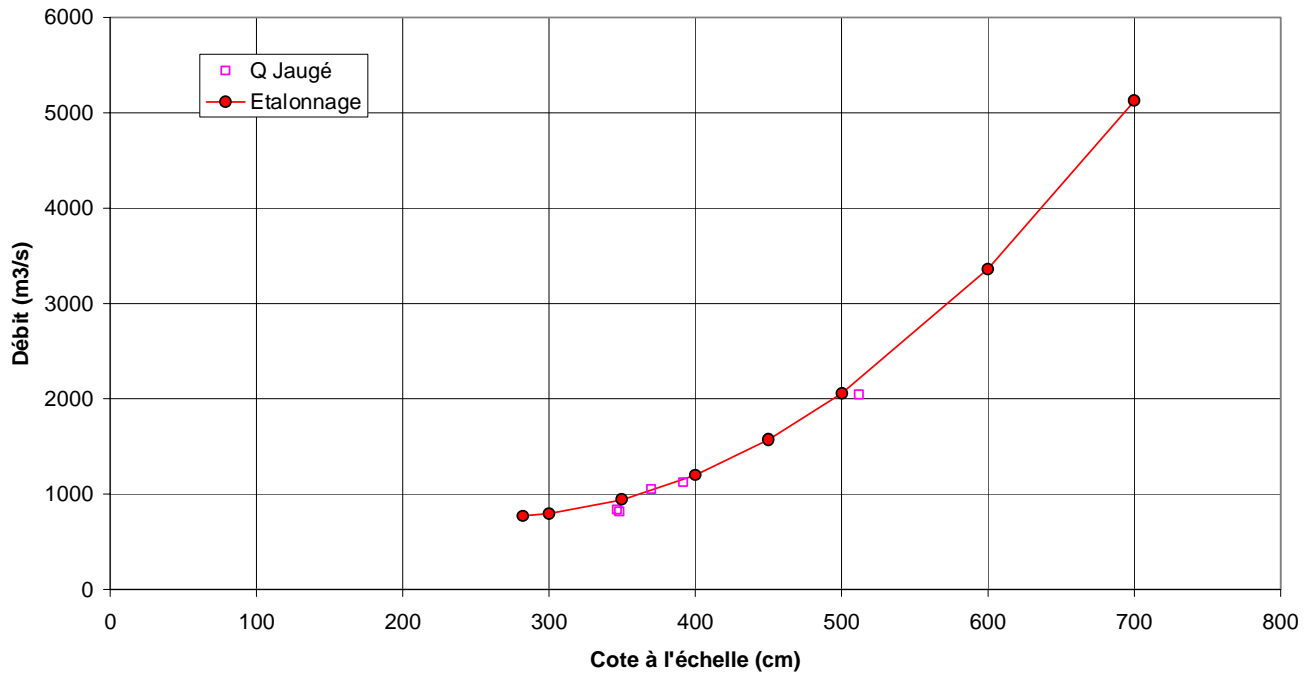


- Cotes Instantanées
- Cotes Jaugées

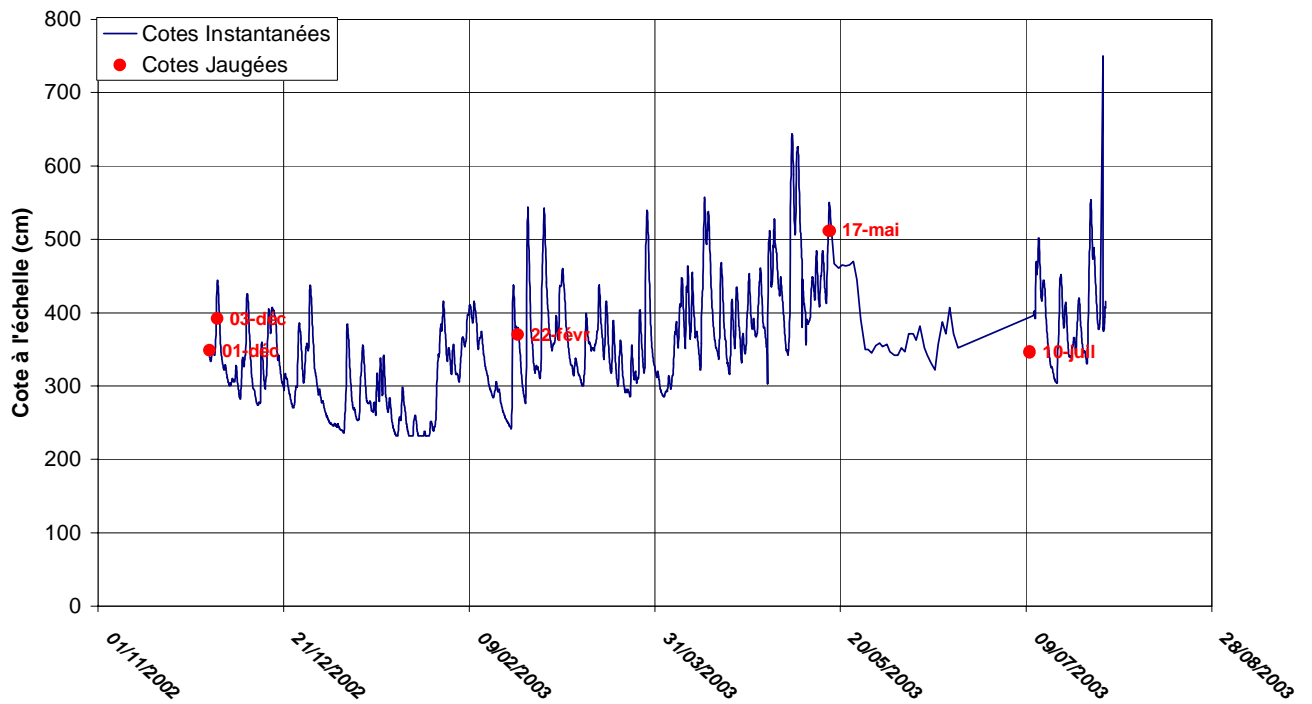
Pointage des Cotes Jaugées de Pastaza en la Unión



Etalonnage de Coca - Francisco de Orellana, capteur IOrph  
Validité a/c 01/11/02



Pointage des Cotes Jaugées de Coca - Francisco de Orellana, capteur IOrph



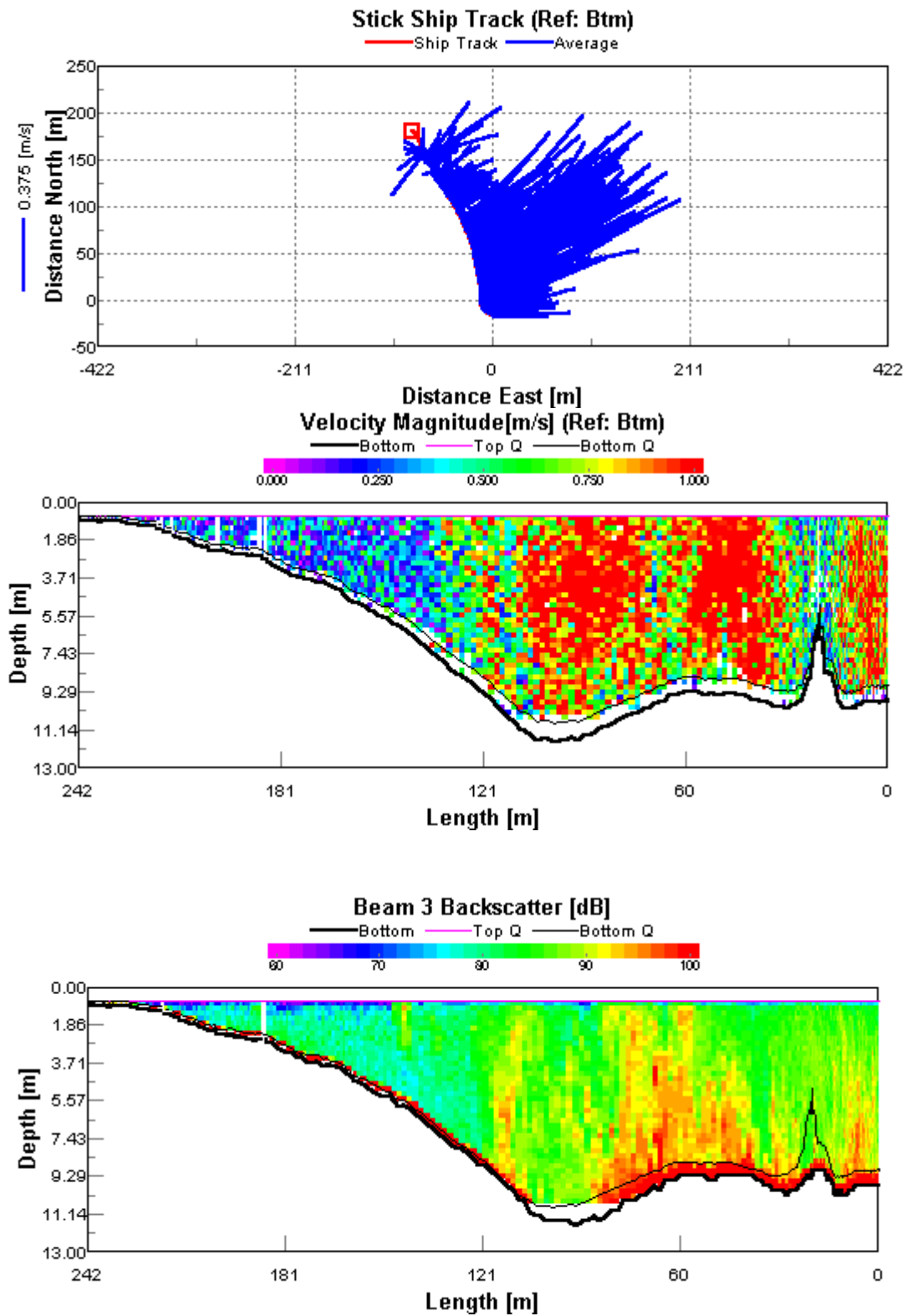
# Anexo 1

**Gráficos de mediciones  
de caudales con ADCP**  
(perfiles batimétricos - campo de  
repartición de las velocidades y de las  
intensidades de la señal ADCP)

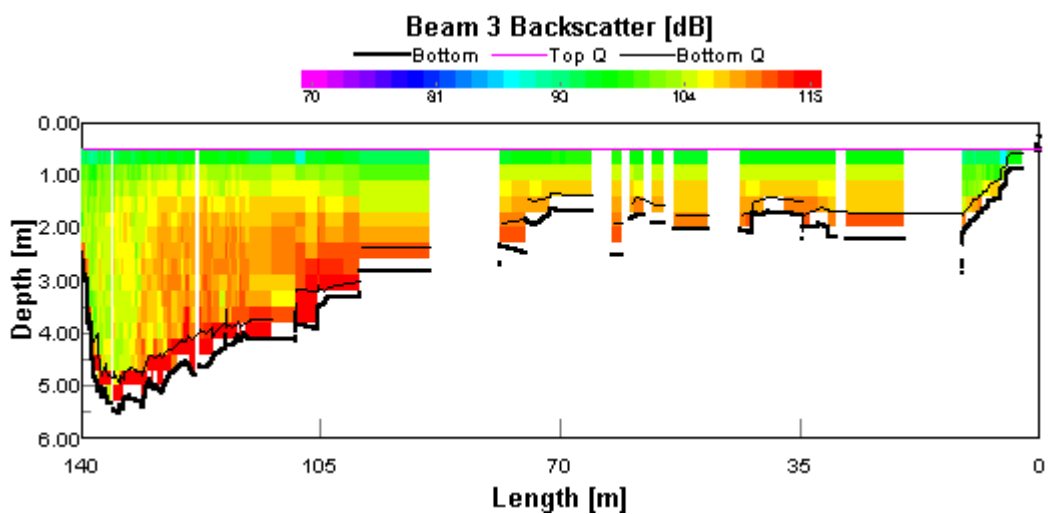
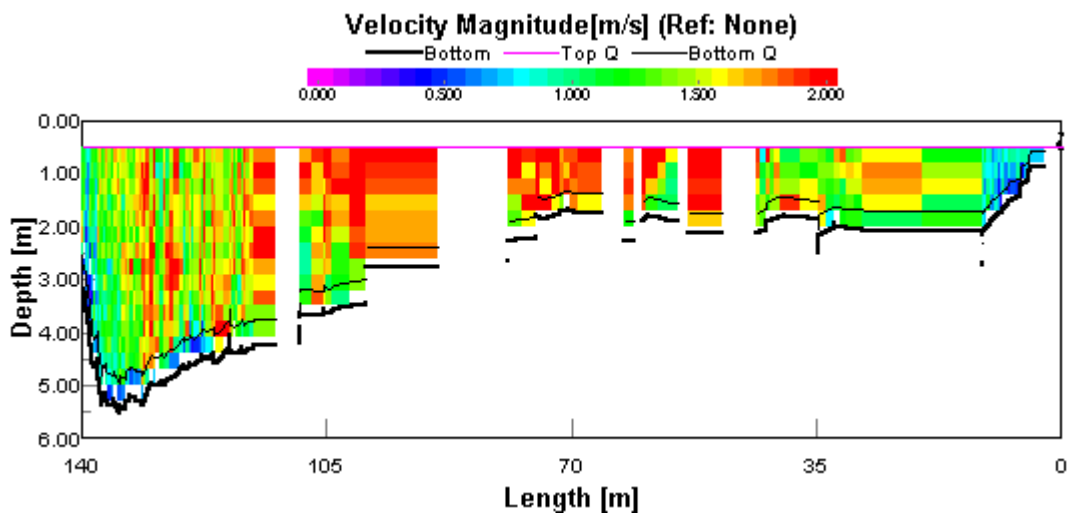
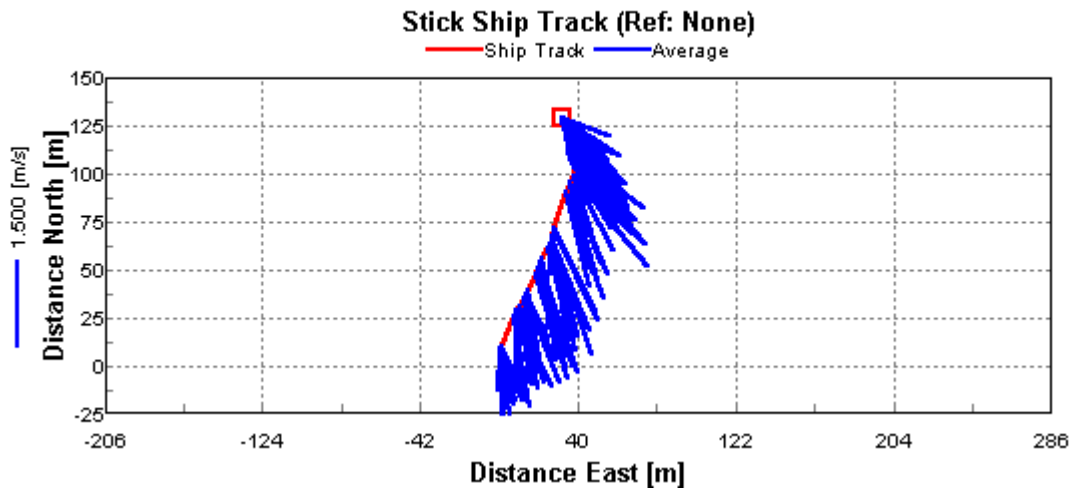
NB: los gráficos de San Sebastián à excepción del archivo sebast 000r. son inadecuados por causa del defeito del ADCP y del soft.



**E38.01 – Rio Napo en Coca**  
 [10 de julio 2003 – 10h45- cota: 3,46-  $Q = 822 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  - E38coca 003r]

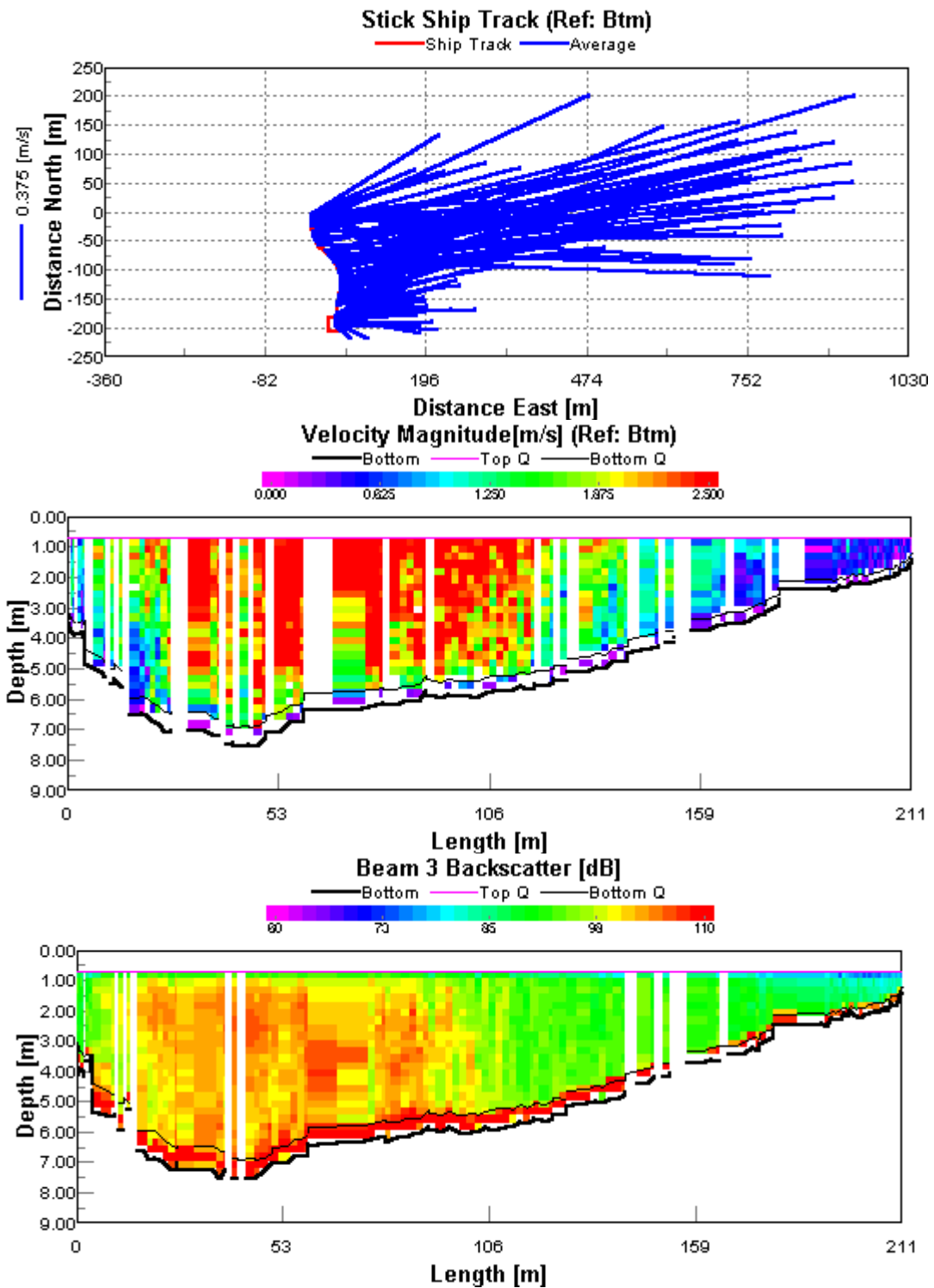


**E38.02 – Rio Coca en San Sebastian**  
 [10 de julio 2003 – 13h00- cota: 3,94-  $Q = 330 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  - E38sebast001r]

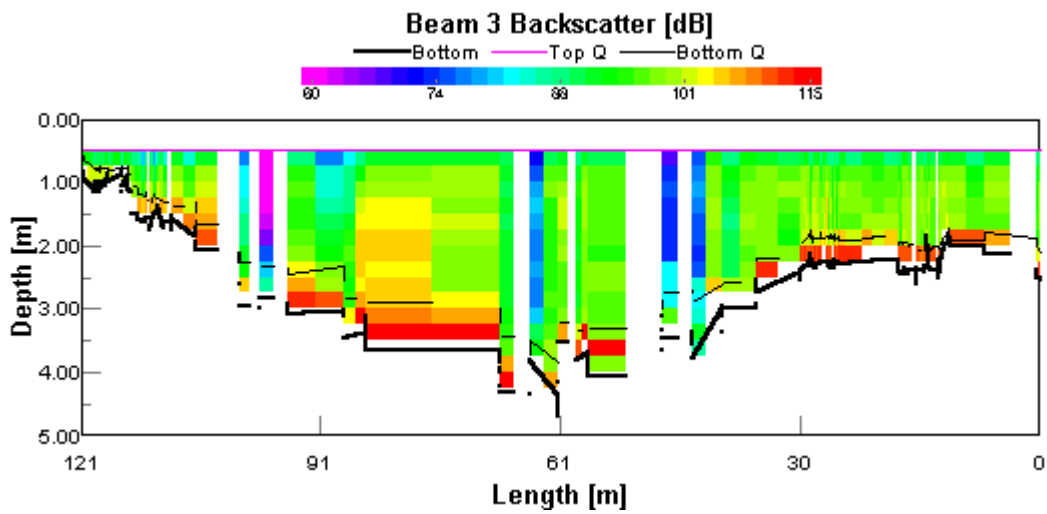
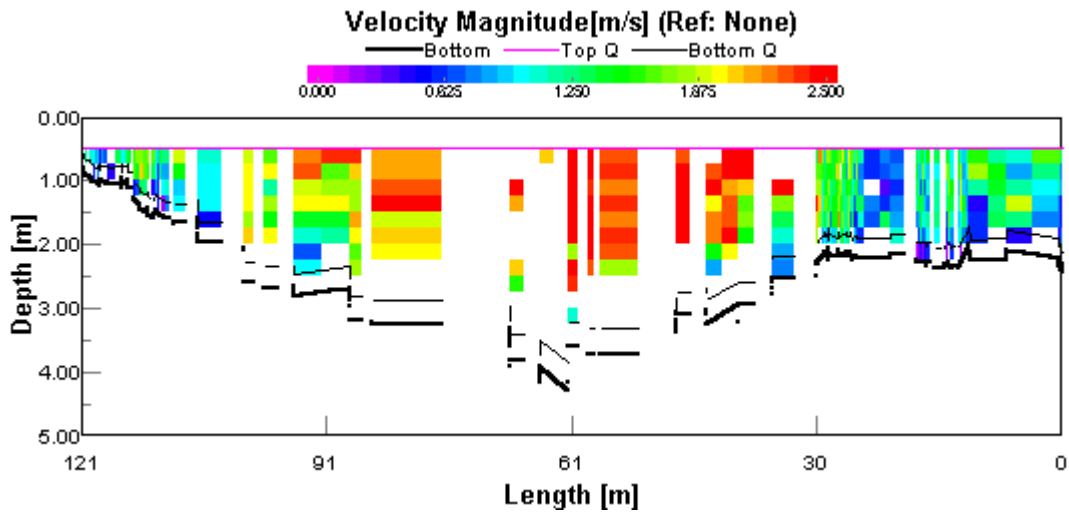
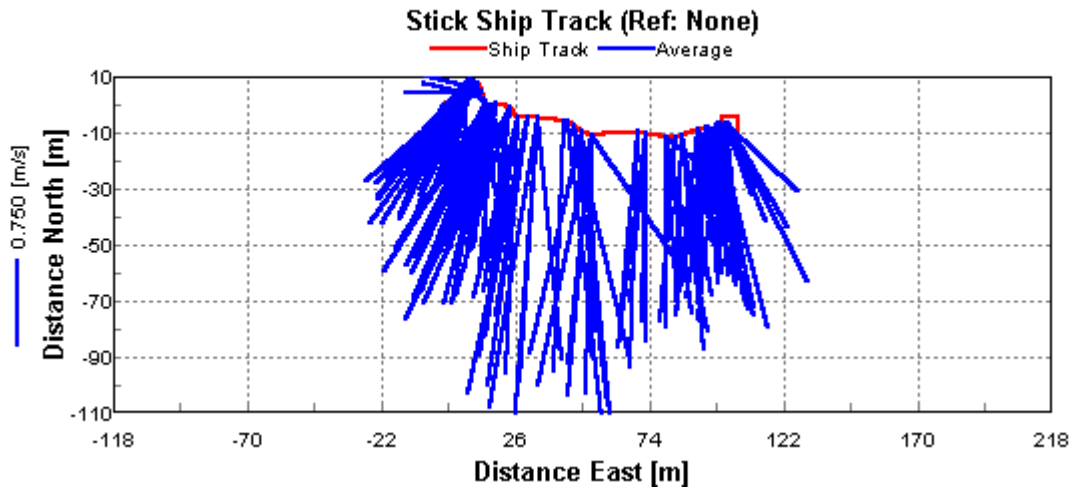


### E38.03 – Rio Santiago en Santiago

[15 de julio 2003 – 10h45- cota: 1,38-  $Q = 1652 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  - E38sant 000r]



**E38.04 – Rio Pastaza en La Union**  
 [15 de julio 2003 – 9h45- cota: 3,15-  $Q = 519 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  - E38pastaz.000r]



**E38.05 – Rio Pastaza en La Union**  
 [15 de julio 2003 – 10h15- cota: 2,85-  $Q = 519 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  - E38pasta 000r]

