



\*Hidrogeodinámica de la Cuenca  
Amazónica  
Hydrogéodynamique du Bassin  
Amazonien

IRD - INAMHI

**55<sup>ava</sup> Comisión de aforos muestreo de agua y sedimentos  
Cuencas de los Ríos Aguarico, Napo, Santiago y Pastaza**

Quito ↗ Nueva Loja ↗ Francisco de Orellana ↗ Tena  
↗ Macas ↗ Santiago ↗ Macas ↗ Pastaza ↗ Puyo ↗ Quito

**Código E55: (09 – 17 de febrero 2005)**



Foto 1: *El Sumaco desde el rio Napo*

*Philippe Magat, Caty Ceron, Roberto Cevallos, Miguel Ruales*



*Gustavo García*  
Director Ejecutivo del INAMHI

*Gustavo Gómez*  
Director de Hidrología del INAMHI

*Rodrigo Pombosa*  
Coordinador INAMHI del Proyecto HYBAM/Ecuador

*Pierre Gondard*  
Representante del IRD en Ecuador

*Jean Loup Guyot*  
Responsable del proyecto HYBAM. UR 154 – Lima (Peru)

*Luc Bourrel*  
Coordinador IRD del Proyecto HYBAM/Ecuador

---

**Edición del informe**

Philippe Magat

INAMHI- Quito

---

Publicación HYBAM Quito  
Febrero 2005

# SUMARIO

- 1. OBJETIVOS DE LA COMISIÓN**
- 2. PARTICIPANTES**
- 3. ACTIVIDADES DE CAMPO**
  - 3.1 Medición de caudales
  - 3.2 Muestreo de agua
  - 3.3. Mediciones “ *in situ*”
  - 3.4. Filtración 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: Sumaco desde río Napo

## Lista de figuras :

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

Figuras 2: Limnigramas diarios y curvas de gasto.

## Lista de tabla :

Tabla 1: Cronograma de la comisión E55.

Tabla 2: Resultados de las mediciones de caudales E55.

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

## Lista de anexo:

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).

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

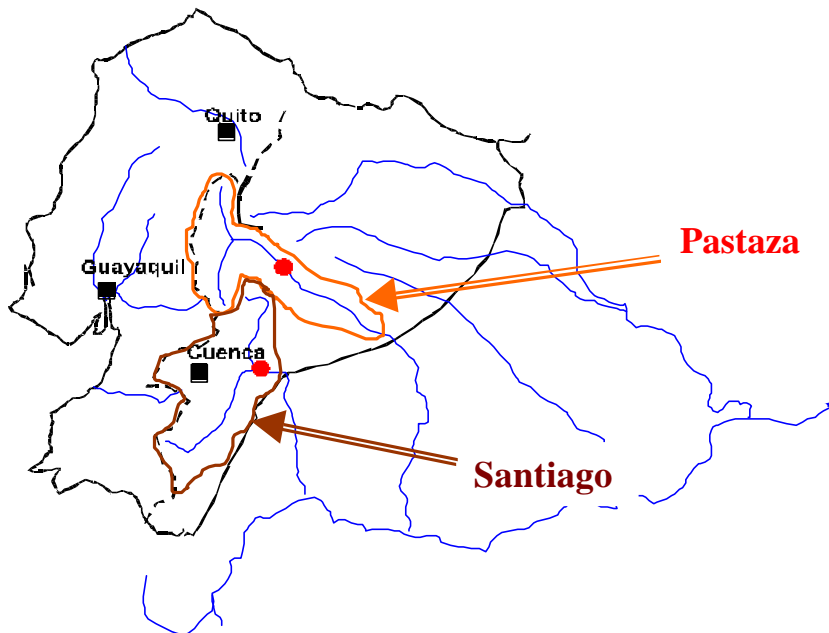
## 1. OBJETIVOS DE LA COMISIÓN

Los principales objetivos fueron:

- 1) el muestreo por la continuación de los estudios granulométricos del río Napo en la parte de Misahualli hasta el puente colgante de Jatuniacu.
- 2) 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 ríos ecuatorianos. Aprovechamos de esta comisión para iniciar a los estudiantes de la EPM al trabajo de campo de Hybam.

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

Se realizaron en 10 días de comisión, 18 aforos en los Ríos Napo, Coca y Santiago, con muestreos sedimentarios y geoquímicos. Infelizmente, las aguas altas impidieron las medidas de granulometría.



**Figura 1: Estaciones de Referencia del Proyecto HYBAM-Ecuador (Cuencas de los Ríos Pastaza y Santiago).**

## 2. PARTICIPANTES :

- ✍ EPE - (Quito)
- ✍ IRD - (Quito)

Miguel Ruales, Roberto Cevallos  
Ph.Magat, Caty Ceron.

### **3. ACTIVIDADES DE CAMPO**

#### **3.1. Medición de caudales**

Se utilizó un ADCP (RDI – Río Grande) de 1200 kHz con un soporte metálico.

#### **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% de la sección de medición. En cada vertical se realizó tres muestreos puntuales: en la superficie, en el medio y en el fondo.

#### **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 medidas con :

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

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, en estos casos tenemos cotas negativas en valor absoluto cuando más grande es la cota, más 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 $\mu\text{m}$  de porosidad. El líquido filtrado está destinado al análisis de los elementos disueltos mayores.

### **4. DESARROLLO DE LA COMISIÓN**

Esta comisión se llevó a cabo en 10 días entre las Cuencas de los Ríos Napo, Pastaza y Santiago.

**Tabla 1: Cronograma de la comisión E55**

	<b>Ciudades</b>	Quito- Aguarico - Fr. de Orellana	Francisco de Orellana y San Sebastian	Francisco de Orellana	Fr. de Orellana-Tena-	Tena- Santiago	Santiago- Macas	Macas- Banos	Banos- Ambato	Ambato- Riobamba	Riobamba - Quito	
<b>Personal</b>	<b>Sigla</b>	<b>09 de febrero</b>	<b>10 de febrero</b>	<b>11 de febrero</b>	<b>12 de febrero</b>	<b>13 de febrero</b>	<b>14 de febrero</b>	<b>15 de febrero</b>	<b>16 de febrero</b>	<b>17 de febrero</b>	<b>18 de febrero</b>	<b>Días</b>
Ph.Magat	PM	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	10
Caty Ceron	CC	+	+	+	+							4
Miguel Ruales	MR		+	+	+							3
Roberto Cevallos	RC		+	+	+	+	+	+				6
<b>Número de personas</b>		2	4	4	4	2	2	2	1	1	1	
<b>Número de días</b>		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

✍ **09 de febrero**

- Viaje Quito – Lago Agrio – Francisco de Orellana,; recolección de muestras de agua y pago al observador.

✍ **10 de febrero**

- Aforos de gasto líquido (6) y sólido: Estación Coca en San Sebastián, recolección de muestras de agua, pago a la observadora, se entrega material de trabajo, visita al observador de la estación Napo en Fco. de Orellana para alquilar la canoa para el siguiente día.

✍ **11 de febrero**

- Aforos de gasto líquido (6) y sólido sobre el río Coca, aforos de gasto líquido (6) y sólido sobre el río Napo en Fco. de Orellana, toma de muestra de agua para el ORE, se bajan los datos del Orphimedes el cual funciona correctamente; se paga al Observador y se recolectan las muestras de agua.

✍ **12 de febrero**

Viaje de Fco. de Orellana – Tena.

✍ **13 de febrero**

Tena – Estación Jatunyacu; se hace una inspección de la estación, se toma una muestra de agua en el río, se recolectan las muestras de agua tomadas por el observador, se paga y se deja material de trabajo.

Viaje Tena – Estación Pastaza en la Unión- Macas; se trata de bajar los datos del orphimedes,

Viaje de Macas – Santiago; nos presentamos ante el Comandante del Batallón, solicitamos colaboración para disponer de un sitio donde alojarnos y para el uso de una embarcación para realizar los aforos.

✍ **14 de febrero**

Aforos de gasto líquido (6) y sólido sobre el río Santiago, se revisa el Orphimedes el cual funciona correctamente se paga al Observador y se recolectan las muestras de agua.

✍ **15 de febrero**

Viaje Santiago – Macas.

✍ **16 de febrero**

Viaje de Macas a Banos y Riobamba. Había un “paro” en Ambato que no daba la posibilidad de regresar a Quito

✍ **17 de diciembre**

- Viaje Riobamba – Quito, via Ventanas y Sto. Domingo.

**Tabla 2: Resultados de las mediciones de caudales E55**

Río	Estación	Código HYBAM	Fecha	Hora	Cota media	Ancho (m)	Caudal (m³/s)	Nº Medi.	dQ %
Napo	Fr.de Orellana	10080900	10/02/05	13.00	519.	210	1997	6	7.6
Coca	San Sebastian	10081900	10/02/05	15.30	435	137	520	8	5.4
Santiago	Santiago	10062800	14/02/05	10.15	160	188	1801	4	4.7

***Total 3 secciones; 18 perfiles; media dQ = 5.9%***

**Tabla 3: Características de los puntos de muestreo  
Mediciones físico- químicas “in situ” de las muestras de comisión**

Código		10081900
RIO		Coca**
ESTACION		San Sebastián
FECHA		10/12/04
HORA		11: 00
COORDENADAS MUESTRA	Latitud	-0.34305
	Longitud	-77.00638
ALTITUD	(m)	285
COTA	(m)	4.35
CAUDAL	(m <sup>3</sup> /s)	520
TEMPE	°C	22.9
CE	(?S/cm)	80.2
pH		7.85
TURBI	(NTU)	182
*C'MES	(mg/l)	277
Nº ENSAMBLE		763
NOMBRE ARCHIVO		Sebastian005r.000

(\*) = 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 (sistema actual)**

Altitudes:

en normal = altitud GPS

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Medición de caudales

La época de la comisión E55 está caracterizada por aguas bajas a excepción del Napo en las cuencas de los ríos Aguarico, Pastaza y Santiago.

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 (fascículo “0”, anexo 1).

Los resultados de las mediciones de caudales en las 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.

La metodología adoptada consiste en calcular la media aritmética de 4 (o más) 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  $> 0,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  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  $dQ$  al redor de 5% dentro de una misma sección con diferentes mediciones.



El desvío dQ corresponde a :

$$dQ (\%) = \text{DESVIACION ESTANDAR (Q)} / \text{MEDIA (Q)} \times 100$$

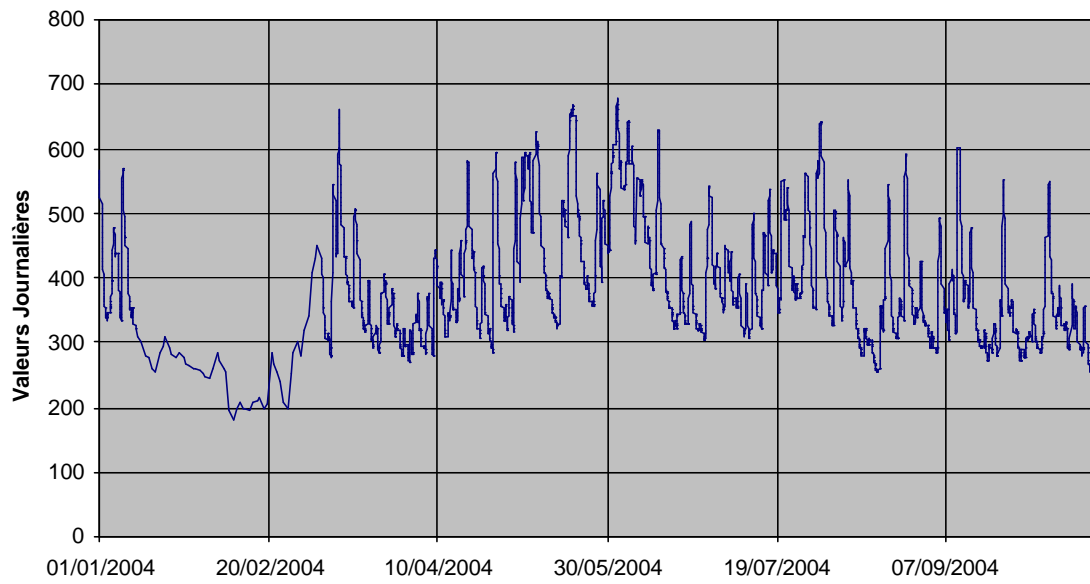
Para cada sección de medición de caudal, en el anexo 1 se presentan 2 gráficos que corresponden respectivamente a:

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.

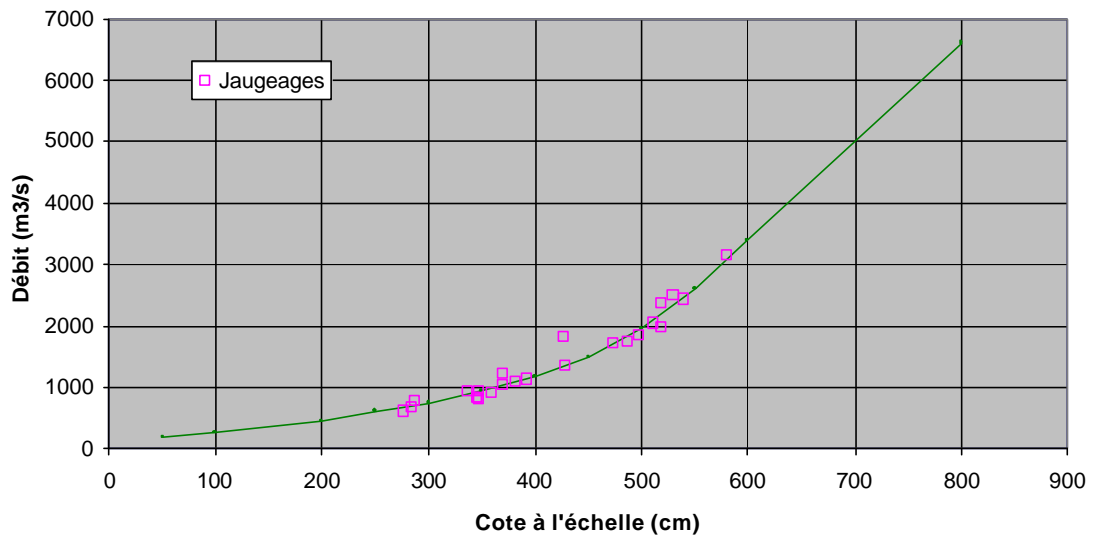
Los resultados de las comisiones del proyecto HYBAM permiten completar o realizar las curvas de gasto de las estaciones de la red de referencia de MES del proyecto HYBAM y de la red del INAMHI (fig. 3).

## Figuras 2: Limnigramas y curvas de gasto

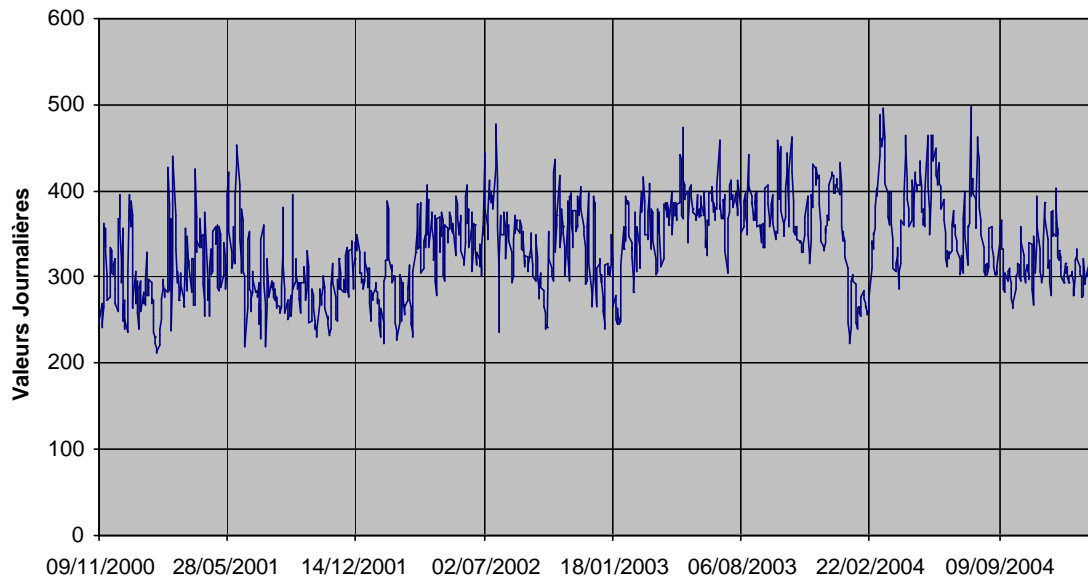
Francisco de Orellana: Valeurs Journalières



Station : 10080900 = Francisco de Orellana (Coca) (Napo)  
Capteur : I-3 = mezcla definitivo 01 hasta 04  
Etalonnage du 01/01/2000 à actuel

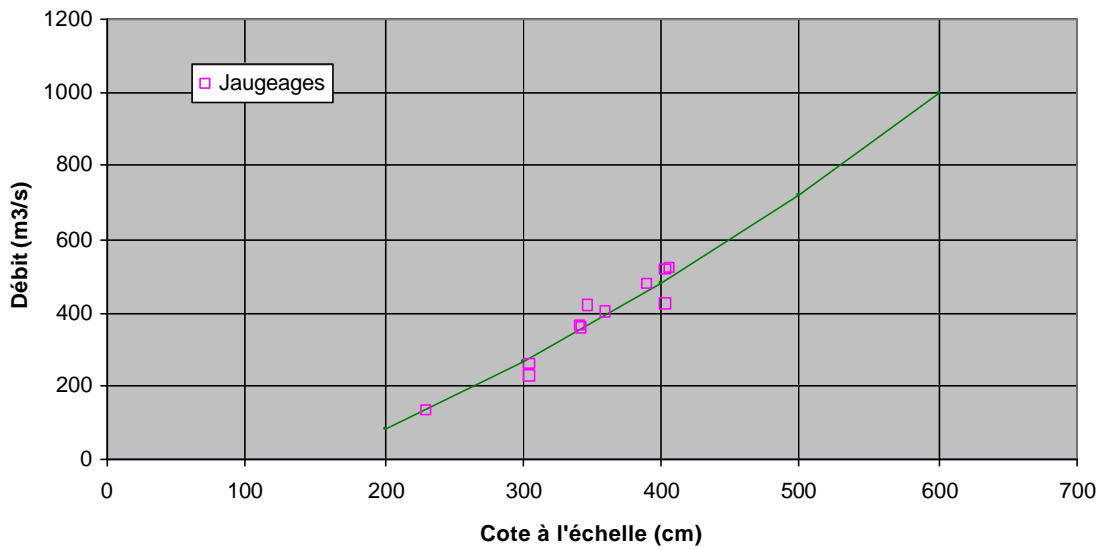


### San Sebastian: Valeurs Journalières

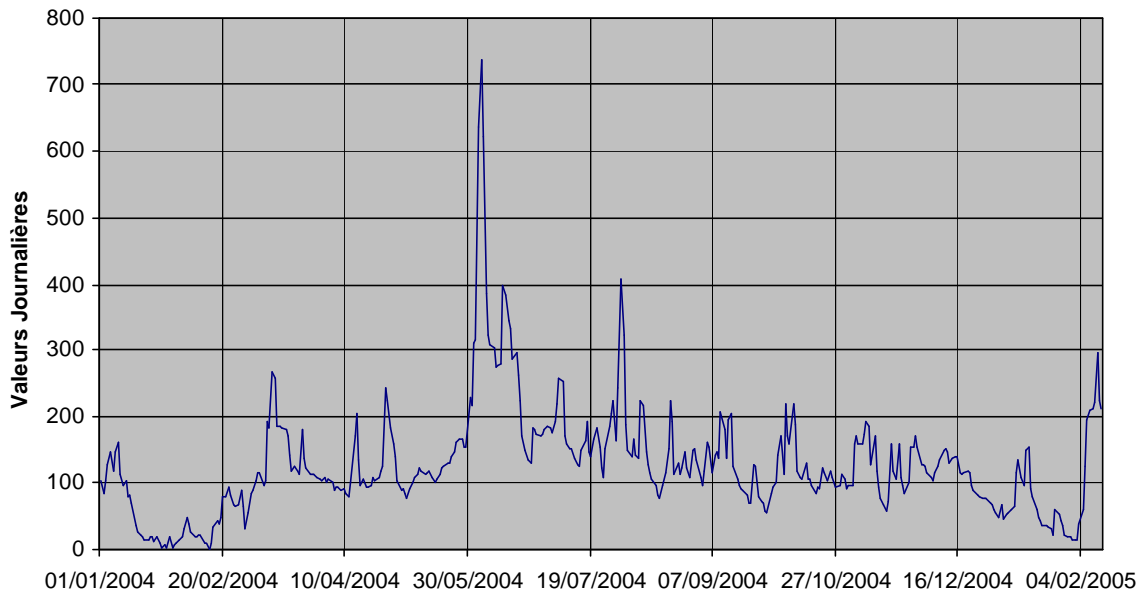


Station : 10081900 = San Sebastian (Napo)

Etalonnage du 01/01/2000 jusqu'à nos jours



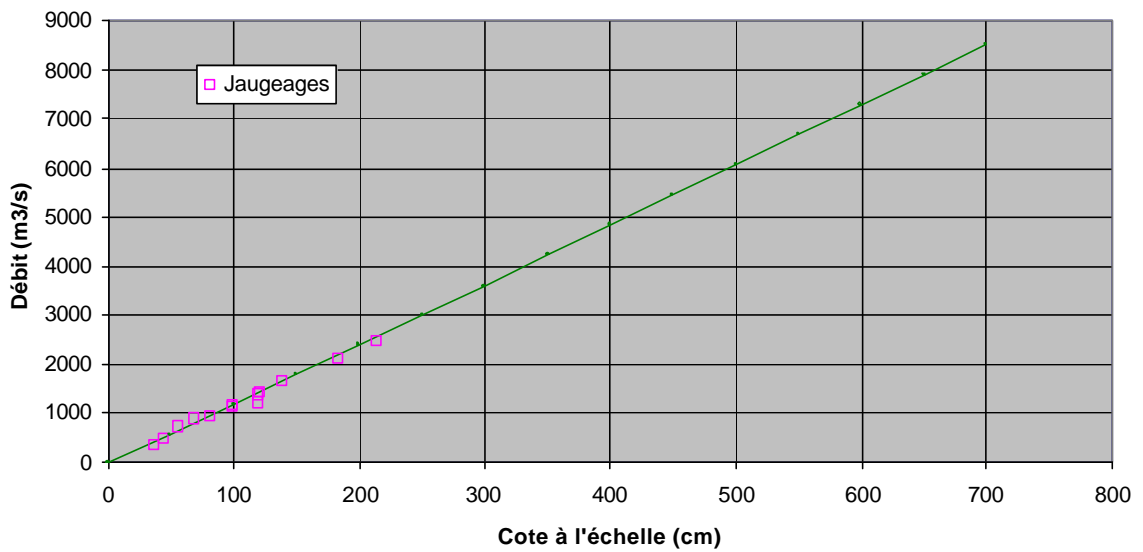
### Santiago: Valeurs Journalières



Station : 10062800 = Santiago (Santiago)

Capteur : I-1 = Capteur Importé

Etalonnage du 03/02/2001 à actuel



# **Anexo 1**

## **Gráficos de mediciones de caudales con ADCP**

(perfiles batimétricos - campo de repartición de las velocidades y de las intensidades del señal ADCP)

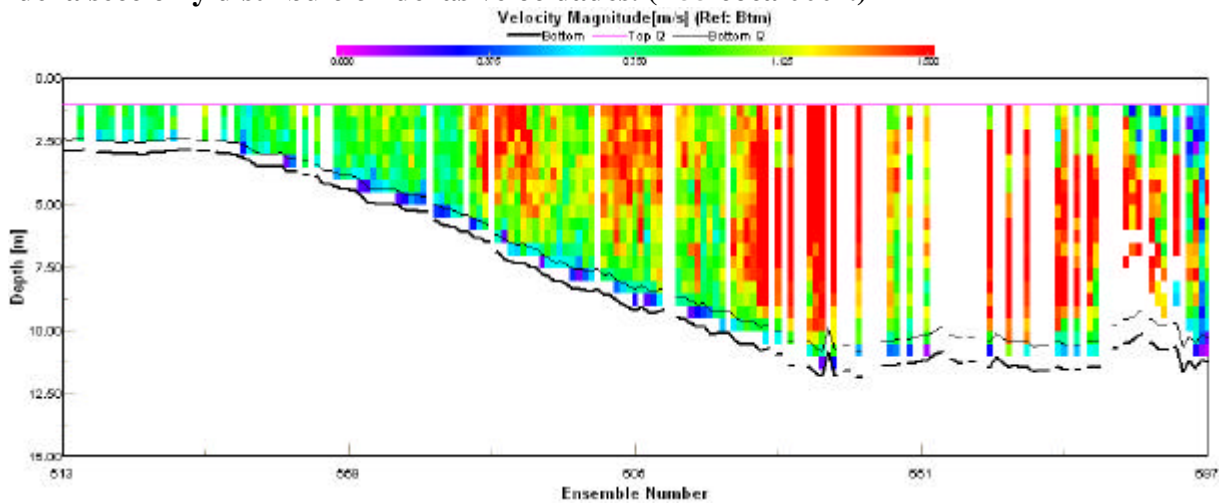
[10 de febrero 2005 – 13:00 cota: 5.19m;  $Q_{\text{medio}} = 1997 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

?? Posicion de los aforos :

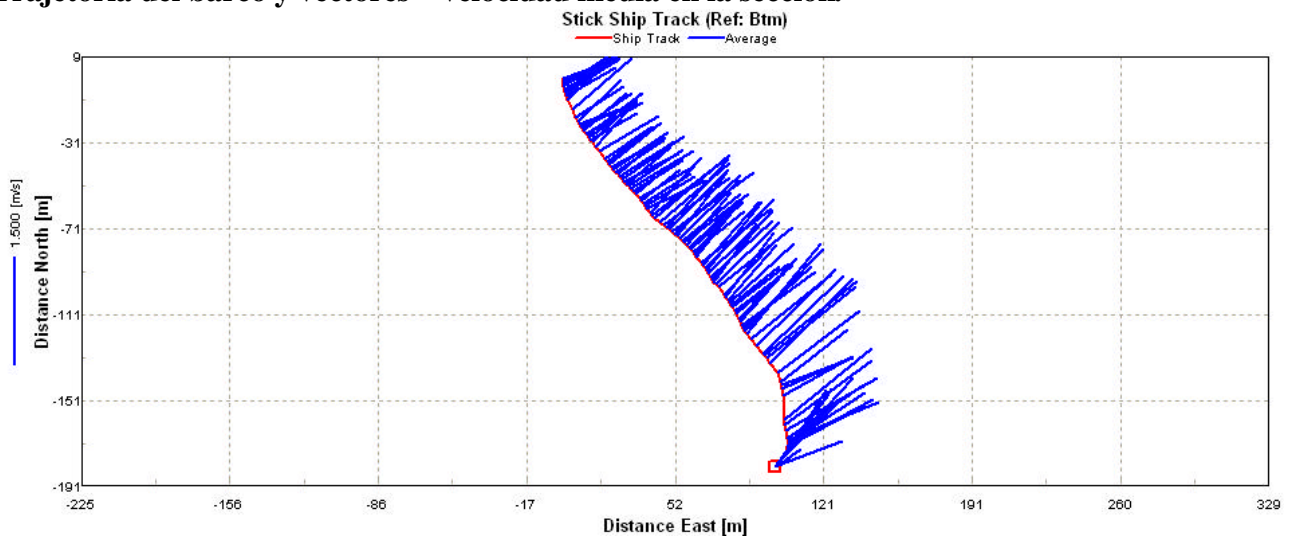
Aforos	Latitud	Longitud
Orilla derecha	-00.47430	-76.97958
Orilla izquierda	-00.47275	-76.98064

Start Time	Total Q	Top Q	Measure d Q	Bottom Q	(T+M+B) Q	Left Q	Right Q	Width	Total Area	Q/Area	Flow Dir.	Boat Speed	
	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m/s]	[°]	[m/s]	
13:11:40	1880.29	244.98	1438.03	176.20	1859.21	6.74	14.34	218.89	1665	1.13	49.71	151.61	0.918

?? Perfil de la seccion y distribucion de las velocidades. (E55 coca 000r.)



?? Trayectoria del barco y vectores « velocidad media en la seccion.



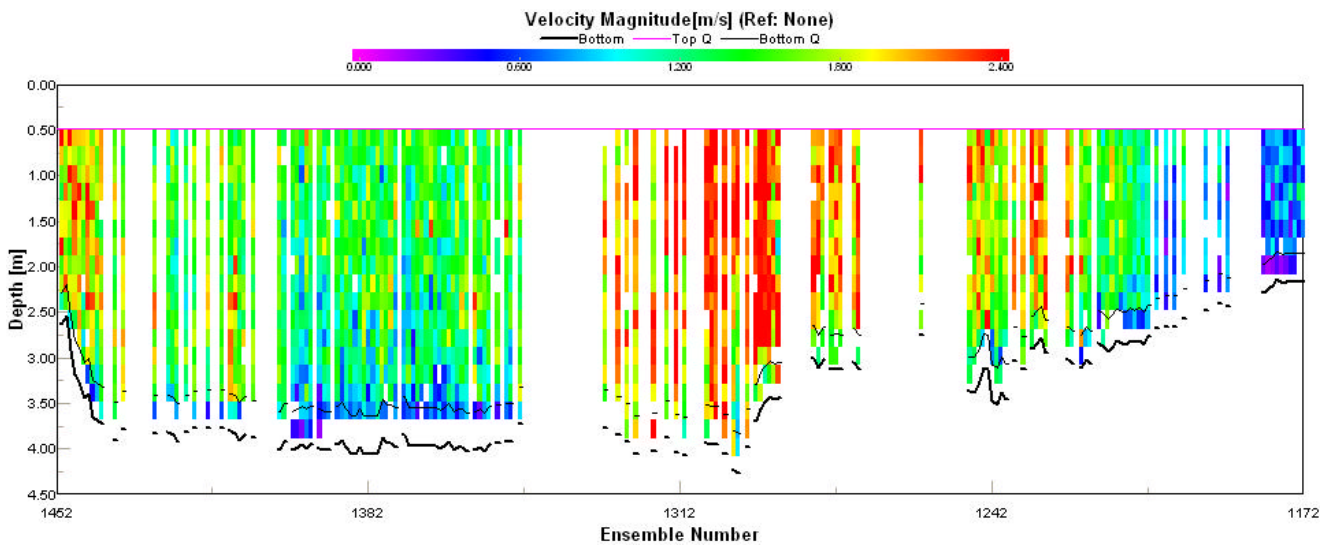
**E55. – Río Coca en San Sebastian**  
 [10 de febrero 2005; 16h00: cota: 4.35; Qmedio = 520 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>]

?? Posicion de los aforos :

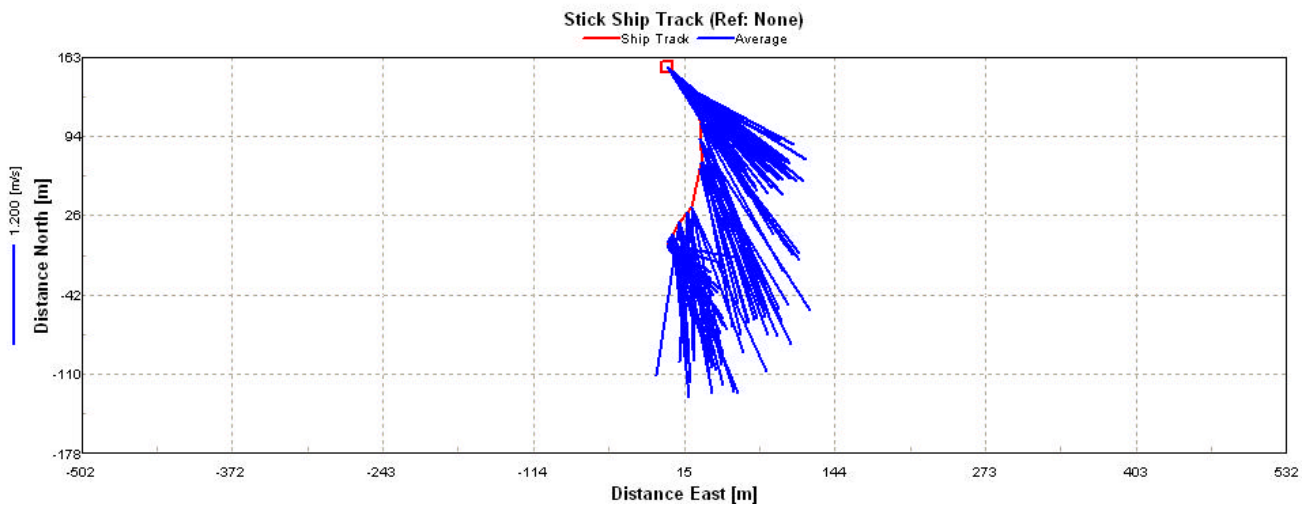
Aforos	Latitud	Longitud
Orilla derecha	-00.34337	-77.00696
Orilla izquierda	-00.34230	-77.00655

Start Time	Total Q	Top Q	Measure d Q	Bottom Q	(T+M+B) Q	Left Q	Right Q	Width	Total Area	Q/Area	Flow Dir.	Boat Speed
16:04:56	491.12	79.53	353.49	54.35	487.38	2.73	1.02	158.79	531.25	0.92	127.83	0.709
	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m/s]	[°]	[m/s]

**Perfil de la seccion y distribucion de las velocidades. (E55 Sanseb 004r.)**



**Trajectoria del barco y vectores « velocidad media en la seccion**



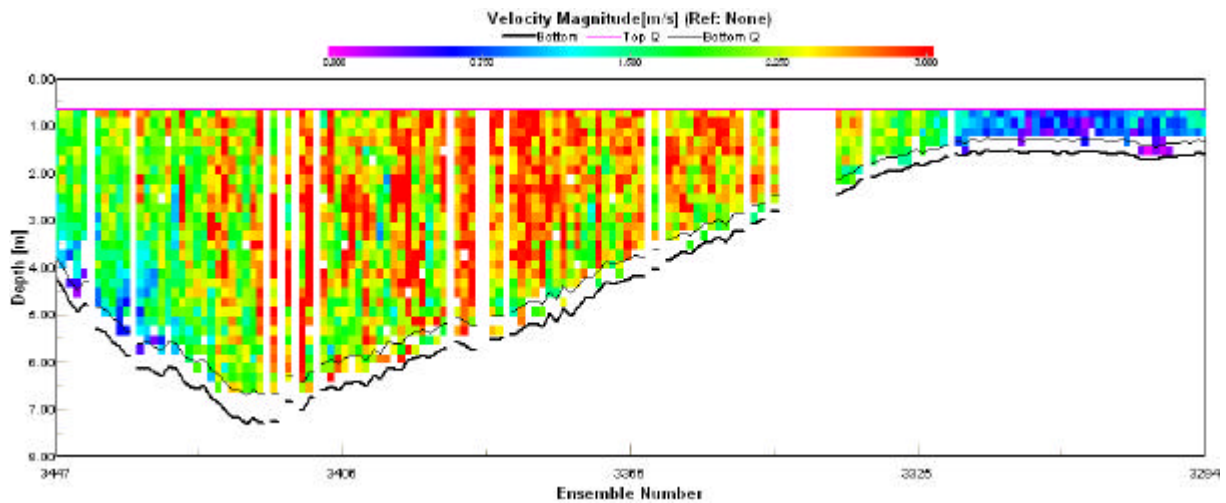
**E55. – Río Santiago en Santiago**  
 (14 de febrero 2005 – 10h15: cota: 1,60; Q = 1892 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>)

?? Posicion de los aforos :

Aforos	Latitud	Longitud
Orilla derecha	-03.05447	-78.01765
Orilla izquierda	-03.05275	-78.01790

File Name	Total Q	Top Q	Meas. Q	Bottom Q	Right Q	Total Area	Width	Q/Area	Avg Course	Flow Dir.	Boat Speed	
	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m/s]	[°]	[°]	[m/s]	
SanSj000r.000	1841.618	248.994	1424.31	2	148.584	3.390	1023.01	213.25	1.800	358.67	75.06	1.536
SanSj001r.000	1910.440	256.839	1491.17	8	147.685	4.735	1025.88	218.16	1.862	184.61	82.36	1.399
SanSj002r.000	1873.560	274.678	1433.08	7	140.101	3.447	994.20	215.21	1.884	353.35	75.58	1.584
SanSj007r.000	1891.451	259.503	1463.21	3	142.874	2.507	976.37	201.92	1.937	356.28	75.92	1.389
SanSj008r.000	1946.862	259.595	1518.40	7	148.294	9.355	940.39	192.25	2.070	177.32	80.03	1.399
Average	1892.786	259.922	1466.03	9	145.508	4.687	991.97	208.16	1.911			1.461
Std. Dev.	39.451	9.313	39.400	3.812	2.728	35.43	10.81	0.102				0.092
Std./ Avg.	0.02	0.04	0.03	0.03	0.58	0.04	0.05	0.05				0.06

**Perfil de la seccion y distribucion de las velocidades. (E55 Sanseb 004r.)**





## Trajectoria del barco y vectores « velocidad media en la seccion

