

Hidrogeodinámica de la Cuenca
Amazónica
Hydrogéodynamique du Bassin
Amazonien

IRD - INAMHI

**36^{ta} Comisión de aforos,
muestreo de agua y sedimentos
Cuenca del Río Napo**

Quito ⇨ Coca ⇨ Rocafuerte
⇨ Coca ⇨ Quito

Código E36: (31 de Mayo – 11 de Junio 2003)



Foto 1: Muestreador automático SIGMA 600 – Napo en Nuevo Rocafuerte

*Elisa Armijos, Catalina Cerón, Rodrigo Pombosa,
Philippe Magat, Alain Laraque.*



Gustavo García
Director Ejecutivo del INAMHI

Gustavo Gómez
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

Rodrigo Pombosa
Catalina Cerón
Elisa Armijos
Philippe Magat

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

Publicación HYBAM Quito
Junio 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 sedimento
 - 3.3. Medición de parámetros físico-químicos “ *in situ*”
 - 3.4. Filtración de muestras
- 4. DESARROLLO DE LA COMISIÓN**
- 5. RESULTADOS**
 - 5.1. Medición de caudales líquidos
 - 5.2. Muestreo de agua y sedimento
- 6. FINANCIAMIENTO DE LA COMISIÓN**
- 7. CONCLUSIONES**
- LÉXICO**
- ANEXOS**

Lista de fotos:

Foto 1: Muestreador automático SIGMA 600 – Napo en Nuevo Rocafuerte.

Lista de figuras:

Figura 1: Localización de la Cuenca del Río Napo con sus estaciones de referencia - Proyecto HYBAM Ecuador.

Figura 2: Puntos de muestreo en la Cuenca del Río Napo en el Ecuador.

Figura 3: Batimetría sección de aforo GPS en Napo en Nuevo Rocafuerte aguas arriba del muelle de la capitania.

Figuras 4: Evolución de parámetros físico-químicos del agua en función del tiempo.

Figuras 5: Limnigrama diario y curva de gasto de Napo en Nuevo Rocafuerte.

Lista de tablas:

Tabla 1: Cronograma de la comisión E36.

Tabla 2: Resultados de las mediciones de caudales E36.

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

Tabla 4: Parámetros físico-químicos del agua obtenida del muestreo continuo.

Lista de anexos:

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, así como el flujograma de muestreo, tratamiento de muestras y datos DGPS, se encuentra ubicada en el fascículo “0” común a todas las comisiones.

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 ríos ecuatorianos.

También se continuó el estudio de los flujos sedimentarios en la cuenca oriental del Río Napo (Figura 1), con el manejo regular de las estaciones de referencia de MES, y aforo sólido con muestreo de agua y sedimento en tres verticales a tres profundidades.

En esta comisión se incrementó un muestreo de agua y sedimento para análisis de representatividad, mismo que se realizó en seis verticales a tres profundidades.

De igual manera se utilizó por primera vez un muestreador automático para muestreo continuo cada hora, de agua y sedimento para análisis de representatividad temporal.

Se planificó realizar un mayor número de aforos líquidos y sólidos durante esta comisión, pero lastimosamente fue imposible debido a fallas en el equipo.

Localización de la Cuenca del Río Napo Proyecto HYBAM - Ecuador

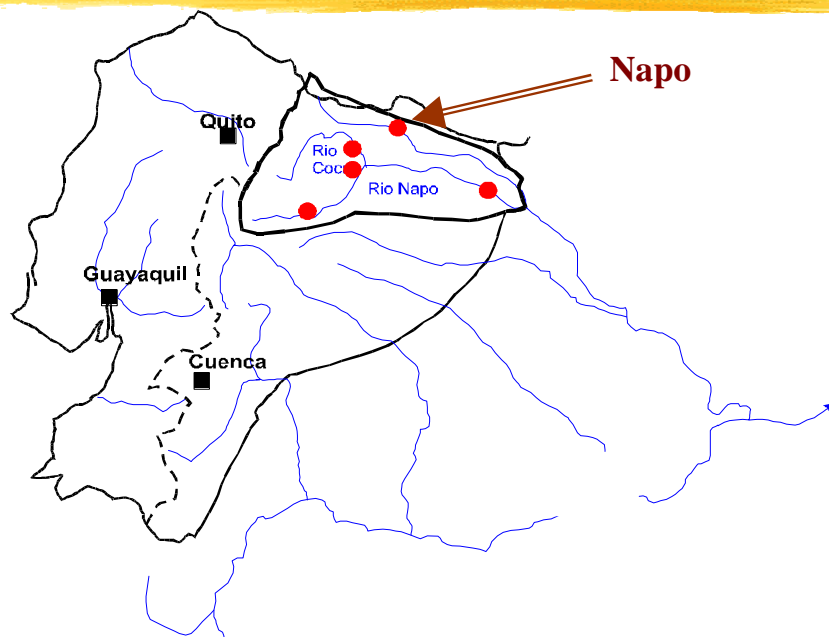


Figura 1: Localización de la Cuenca del Río Napo con sus estaciones de referencia
- Proyecto HYBAM Ecuador

2. PARTICIPANTES

↻ INAMHI - (Quito)	Rodrigo Pombosa
↻ INAMHI - (Quito)	Elisa Armijos
↻ IRD - (Quito)	Alain Laraque
↻ IRD - (Quito)	Philippe Magat
↻ EPN - (Quito)	Catalina Cerón

3. ACTIVIDADES DE CAMPO

3.1. Medición de caudales

Se utilizó un ADCP (RDI – Río Grande) de 1200 kHz con un soporte flotante tipo “*body board*”, propiedad del IRD, ubicado al costado de la embarcación.

3.2. Muestreo de agua y sedimento

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, es decir, de representatividad espacial y aforo sólido del agua fueron tomadas desde una lancha localizada frente a la corriente; se tomaron en seis y tres verticales respectivamente, considerando el perfil de la sección de medición. En cada vertical se realizó tres muestreos puntuales: en la superficie, en el medio y cerca del fondo. Siempre utilizando el muestreador puntual de botella “AL”.

El muestreo continuo se realizó con un muestreador automático “SIGMA 600” programable, con capacidad para 24 muestreos de propiedad de INAMHI. En este caso, se lo programó para muestras cada hora, recogidas a 20 cm. bajo la superficie del agua.

Inmediatamente después de recoger la muestra de agua y sedimento, se separó el material en suspensión grueso o considerado “arena” del fino, haciendo pasar la muestra por un tamiz con un diámetro de abertura de 0,62 mm. Este sedimento en suspensión grueso, al igual que el fino y el disuelto es obtenido posteriormente en el laboratorio mediante procedimientos de secado y diferencia de pesos.

3.3. Medición de parámetros físico-químicos “*in situ*”

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

- 1)- Conductivímetro WTW LF 318 ($A_p = \pm 0.1 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)
- 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

3.4. Filtración de muestras

Todas las muestras fueron filtradas “*in situ*”, e inmediatamente conservadas en una refrigeradora al regreso a Quito.

Para la determinación del material en suspensión (MES), fue utilizada una unidad de filtración frontal con 4 unidades, ligada a una bomba de aire, con filtros de acetato de celulosa de 0.45 μm 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 12 días entre Quito, Coca, Nuevo Rocafuerte, Coca, y regreso hasta Quito.

Tabla 1: Cronograma de la comisión E36

	Ciudades	Quito-Coca	Coca-Itaya-Pañacocha	Pañacocha -Rocafuerte	Macas-Rocafuerte	Rocafuerte	Rocafuerte	Rocafuerte	Rocafuerte	Rocafuerte-Coca	Coca-Quito	Coca-Quito	Quito	
Personal	Sigla	31-may	01-jun	02-jun	03-jun	04-jun	05-jun	06-jun	07-jun	08 -jun	09-jun	10-jun	11-jun	Días
Elisa Armijos	EA	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	12
Rodrigo Pombosa	RP	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			10
Philippe Magat	PM	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			10
Alain Laraque	AL				+	+	+	+	+	+	+			7
Catalina Cerón	CC				+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
Número de personas	5	3	3	3	5	5	5	5	5	5	5	2	2	
Número de días		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	

Leyenda:

Trechos

Transporte terrestre (carro/bus) +

Transporte fluvial +

Transporte aéreo +

Trabajo de campo +

☞ **Sábado 31 de mayo:**

Viaje Quito - Coca (Puerto Francisco de Orellana) por vía terrestre de Rodrigo, Philippe y Elisa.

☞ **Domingo 01 de junio:**

Viaje Coca – Pañacocha en canoa de metal con un motor de 75 CV (6 horas); instalación de

escalas limnimétricas en el muelle de los militares en Coca (orilla derecha) y de la Compañía Petrolera Oxy en Itaya (orilla izquierda).

↳ **Lunes 02 de junio:**

Viaje Pañacocha-Nuevo Rocafuerte (5 horas). Entrega del equipo de Ushuaia en Jatuncocha.

↳ **Martes 03 de junio:**

Aforo líquido en Nuevo Rocafuerte (5 mediciones).

Recuperación de muestras y lecturas limnimétricas tomadas por la observadora de la estación.

Recuperación de los datos del orphimède y verificación de su funcionamiento.

Instalación y puesta en funcionamiento del muestreador continuo automático SIGMA 600.

↳ **Miércoles 04 de Junio:**

Muestreo de agua y sedimento para análisis de representatividad espacial.

Ensayo de muestras recolectadas por el observador de la estación.

↳ **Jueves 05 de junio:**

Elaboración de la primera parte del informe de comisión.

Ensayo de muestras recolectadas para análisis de representatividad espacial.

↳ **Viernes 06 de junio:**

Aforo con GPS y ecobatímetro.

Ensayo de muestras recolectadas por el observador de la estación.

↳ **Sábado 07 de junio:**

Aforos líquidos (con GPS y ecobatímetro) y sólidos de la sección.

Recolección de muestras de arena de un banco de arena cercano a la sección de estudio.

Recuperación de los datos del orphimède.

Desinstalación del muestreador continuo automático SIGMA 600 y recuperación de las muestras.

↳ **Domingo 08 de junio:**

Retorno de todo el grupo, de canoa desde Nuevo Rocafuerte hasta Coca.

Retorno de bus de Rodrigo desde Coca hasta Quito.

↳ **Lunes 09 de junio:**

Recuperación de los datos del orphimède instalado en el puerto militar en Coca.

Recuperación de muestras y lecturas limnimétricas tomadas por el observador militar.

Ensayo de las muestras diarias recolectadas por el observador de la estación.

↳ **Martes 10 de junio:**

Desinstalación del orphimède del puerto militar en Coca debido a su mal funcionamiento.

Realización del muestreo requerido para el manejo de la red ORE.

Viaje de regreso en bus por Elisa y Catalina hasta Quito.

↳ **Miércoles 11 de junio:**

Llegada de Elisa y Catalina a Quito.

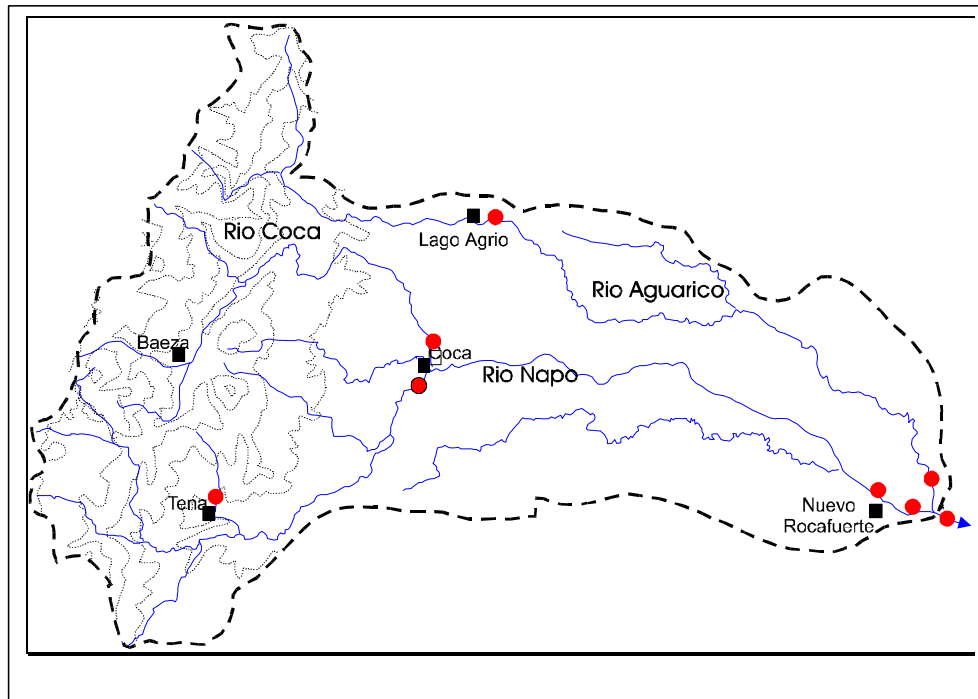


Figura 2: Puntos de muestreo en la Cuenca del Río Napo en el Ecuador
[ver tabla 2 para el código de las estaciones]

5. RESULTADOS

5.1. Mediciones de caudales líquidos

La época de la comisión E36 (Junio) está caracterizada por aguas en crecida en la cuenca del río Napo (Fig. 3), en efecto, se presentó una crecida durante la comisión. Así, los caudales en la estación Nuevo Rocafuerte pasaron de **2176** a **3520 m³/s** entre los días 3 a 7 de junio (Variación de cota de 2.82 a 3.72 m).

En Nuevo Rocafuerte se efectuaron aforos con ADCP y también con GPS y ecobatímetro. Se pensaba realizar la batimetría de la sección tradicional con el ADCP, para el análisis de divagación fluvial de esa sección, pero lastimosamente el equipo presentó fallas que no permitieron cumplir a cabalidad con los objetivos planteados para la presente comisión.

Los resultados de las 8 mediciones de caudal en la sección de estudio en Nuevo Rocafuerte, 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 $dQ < 5\%$ dentro de una misma sección con diferentes mediciones, el desvío observado varía de 1,58 % hasta 9,61 %, en función de las características de la sección.

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 “backscatter” 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 (figura 3).

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).

En Itaya se instaló 2 escalas limnimétricas en el muelle de la Compañía Petrolera Oxy (responsable: Ing. Patricio Cueva), en la orilla izquierda. La cota fue de 2,40 metros a las 15:00 horas.

La sección escogida se encuentra frente al puerto de la Oxy. La Compañía se encarga de la lectura de la regla tres veces al día.

Se realizó en 12 días de comisión, 8 aforos con ADCP y 1 aforo con GPS en dos secciones de estudio en Nuevo Rocafuerte, con muestreos sedimentarios y geoquímicos.

Tabla 2: Resultados de las mediciones de caudales E36

Río	Estación	Código HYBAM	Código INAMHI*	Fecha	Hora	Cota media	Ancho (m)	Caudal (m³/s)	N° Medi.	dQ %	Caudal con GPS
Napo	Rocafuerte	10 085 800	HB26	03/06/03	15h45	2,82	1102	2176	5	1,66	
Napo	Rocafuerte	10 085 800	HB26	04/06/03	8h45	2,88	1149	2441	1	-	
Napo	Rocafuerte	10 085 800	HB26	04/06/03	13h00	2,90	1201	2502	2	-	
Napo	Rocafuerte	10 085 800	HB26	06/06/03	9h30	2,82	850	2782	1	-	X

* nuevos códigos INAMHI desde abril 2002

Total 1 sección; 8 perfiles; media dQ = 1,66 %

5.1.1. Río Napo en Nuevo Rocafuerte:

3 de junio – 15h45: cota = 2,82 m; Q = 2176 m³.s⁻¹

Buena sección de medición, buen aforo.

5.1.2. Río Napo en Nuevo Rocafuerte:

4 de junio – 8h45: cota = 2,88 m; Q = 2441 m³.s⁻¹

Aforo con muestreo de agua y sedimentos.

5.1.3. Río Napo en Nuevo Rocafuerte:

4 de junio – 13h00: cota = 2,90 m; Q = 2502 m³.s⁻¹

Aforo con muestreo de agua y sedimentos.

5.1.4. Río Napo en Nuevo Rocafuerte:

6 de junio – 9h30: cota = 2,82 m; Q = 2782 m³.s⁻¹

Aforo con GPS y ecobatímetro. Buena sección de medición. Velocidad superficial media de la sección = 0.861 m/s. Ancho de la sección = 850 m. Superficie de la sección = 3080 m².

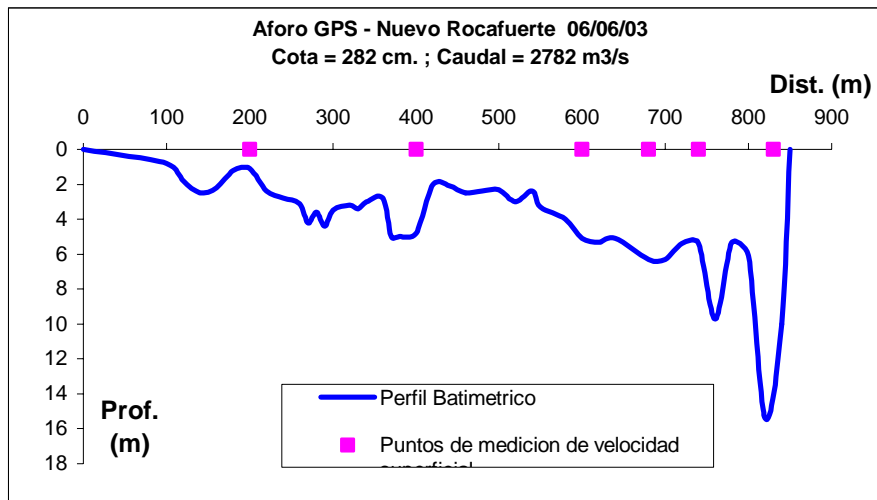


Figura 3: Batimetría sección de aforo GPS en Napo en Nuevo Rocafuerte aguas arriba del muelle de la capitánía

5.2. Muestreo de agua y de sedimentos

Durante la comisión E36, 49 puntos fueron muestreados (Tabla 3), en 4 secciones diferentes.

Los caudales líquidos fueron medidos con el ADCP en las secciones de muestreo.

Los parámetros físico-químicos del agua (temperatura, conductividad eléctrica, pH, turbiedad) fueron medidos *in situ*, desde la canoa.

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>m³/s</i>	<i>°C</i>		<i>uS/cm</i>	<i>NTU</i>	<i>mg/l</i>
E36.01**	Napo	Rocafuerte	06-04-03	09h00	S00°54'22.6"	W75°25'19.8"	194	2,82	2594	26,1	6,71	69,1	98,0	115,6
E36.02**	Napo	Rocafuerte	06-07-03	11h00	S00°54'22.6"	W75°25'19.8"	194	3,56	3154	26,6	6,58	72,9	94,0	313,2
E36.03**	Napo	Rocafuerte	06-07-03	13h50	S00°54'22.6"	W75°25'19.8"	194	3,65	3308	26,6	6,64	72,3	177,0	249,5
E36.04**	Napo	Rocafuerte	06-07-03	16h40	S00°54'22.6"	W75°25'19.8"	194	3,74	3462	26,4	6,67	70,9	164,0	179,6
E36.05	Napo	Rocafuerte	08-06-03	06h30	S00°54'22.6"	W75°25'19.8"	194	3,68	3300	18,3	6,34	57,4	190,0	262,5
E36.06	Yasuni	Yasuni	04-06-03	11h00	S00°55'53.7"	W75°23'08.4"	-	-	-	24,6	4,64	11,2	22,0	32,6
E36.07	Laguna	Jatuncocha	06-06-03	11h30	S00°58'33.2"	W75°25'23.5"	-	-	-	19,0	4,95	8,6	60,0	10,0
E36.08	Napo	Coca	10-06-03	09h30	S00°28'30.6"	W76°58'51.0"	273	3,24	900	23,8	5,70	62,5	27,0	38,5

(*) = los MES son determinados en laboratorio

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

Coordenadas Punto de muestreo:

GPS sistema WGS 84 (desde 01/01/2003) (sistema actual)

Altitudes:

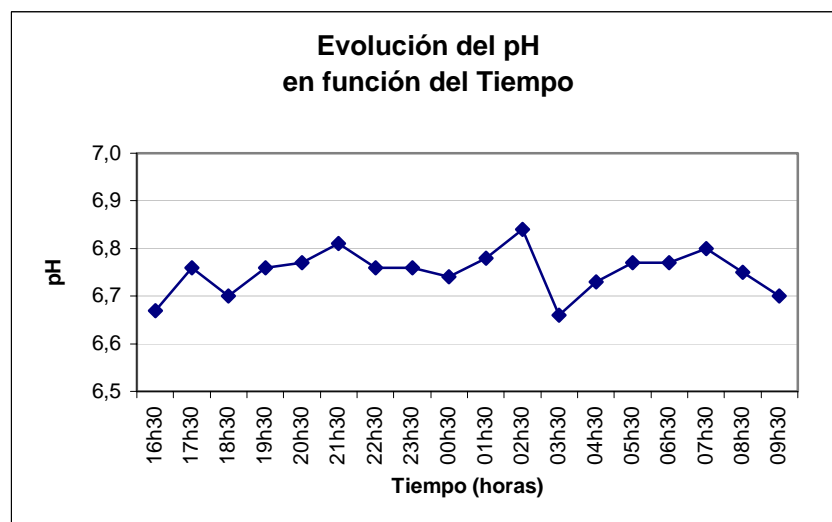
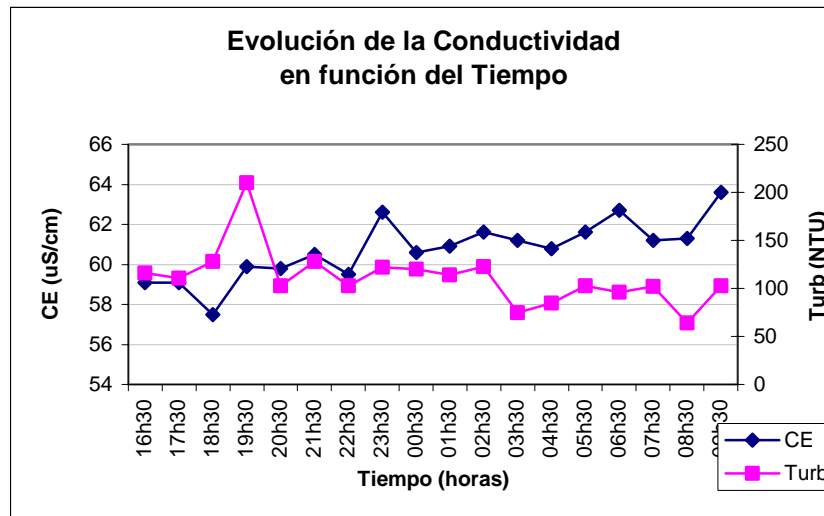
Altitud DGPS

También en esta comisión, entre los días 3 y 7 se presenció una crecida, misma que fue aprovechada para tomar muestras de agua y sedimento a través del tiempo, y en diferentes puntos de la sección de estudio en Nuevo Rocafuerte. Para esto se empleo el muestreador puntual de botella, así como el muestreador continuo automático instalado junto al muelle de la capitanía, regulado para muestrear 500 ml. cada hora. Relacionando estos datos con las cotas instantáneas obtenidas mediante el orphymedes o lectura manual, se podrá iniciar un análisis de representatividad espacial y temporal de los muestreos puntuales realizados en esta estación durante esta comisión.

Tabla 4: Parámetros físico-químicos del agua obtenida del muestreo continuo

FECHA	HORA	TEMP (°C)	pH	CONDUCTIVIDAD (uS/cm a 25°C)	TURB (NTU)
03-jun-03	16h30	28,60	6,67	59,10	116
	17h30	28,50	6,76	59,10	111
	18h30	28,70	6,70	57,50	128
	19h30	28,70	6,76	59,90	210
	20h30	28,40	6,77	59,80	103
	21h30	28,70	6,81	60,50	128
	22h30	28,10	6,76	59,50	103
	23h30	27,90	6,76	62,60	122
04-jun-03	00h30	28,40	6,74	60,60	120
	01h30	28,10	6,78	60,90	114
	02h30	28,10	6,84	61,60	123
	03h30	28,20	6,66	61,20	75
	04h30	28,10	6,73	60,80	85
	05h30	27,90	6,77	61,60	103
	06h30	28,20	6,77	62,70	96
	07h30	28,70	6,80	61,20	102
	08h30	28,90	6,75	61,30	64
	09h30	28,20	6,70	63,60	103

Figuras 4: Evolución de parámetros físico-químicos del agua en función del tiempo



6. FINANCIAMIENTO DE LA COMISIÓN

La campaña E36 fue financiada por el IRD (Programa HYBAM), con el apoyo técnico del personal del INAMHI y del material, (vehículos, aparatos) del IRD y del INAMHI.

7. CONCLUSIONES

Se realizaron en 12 días de comisión, 9 aforos en 2 secciones diferentes con muestreos de agua y sedimentos para análisis de representatividad espacial y temporal de los muestreos diarios y aforo sólido.

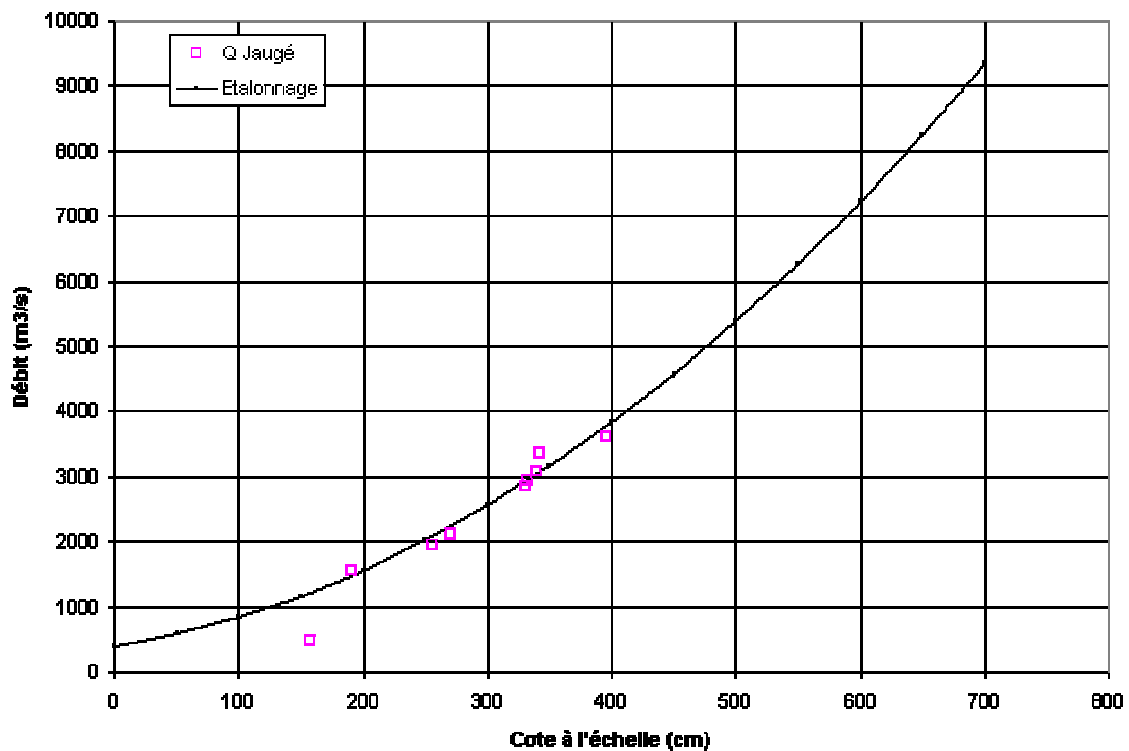
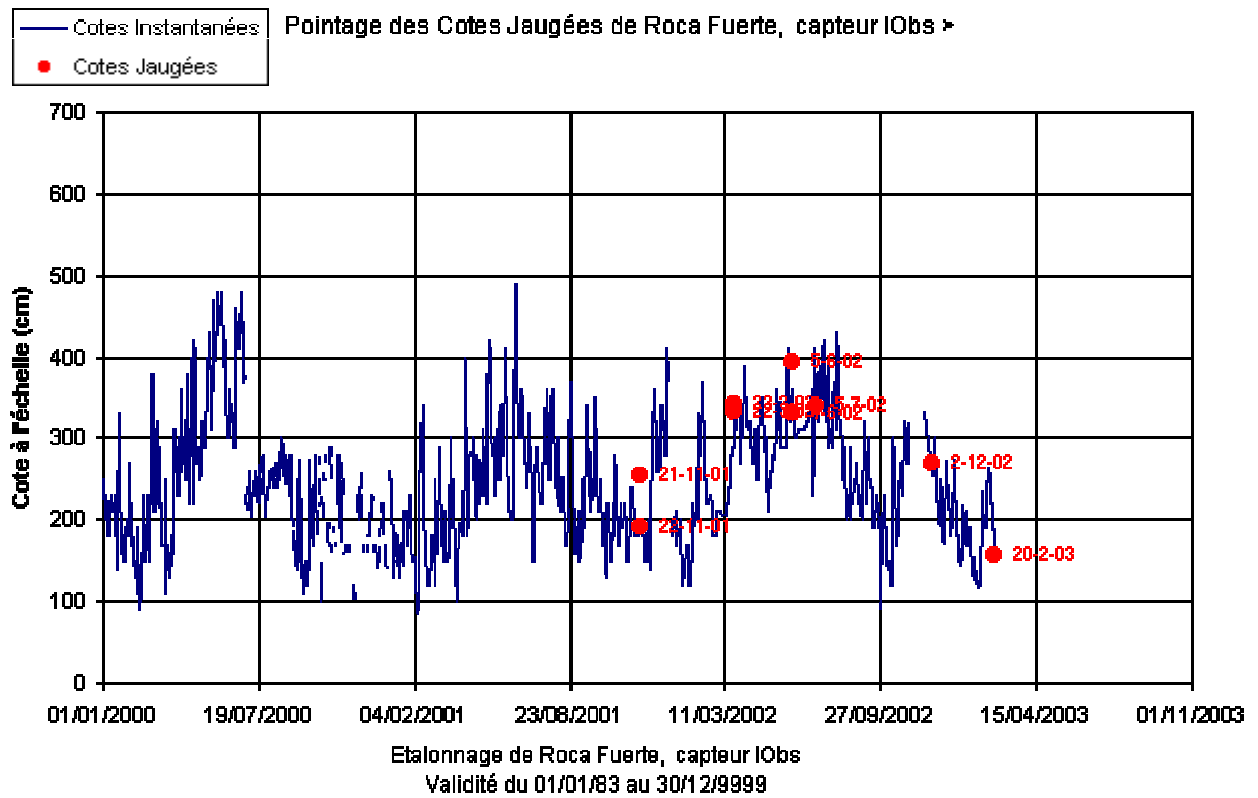
Fue instalada una regla complementaria en Itaya localizada en el primer tercio del recorrido por el Napo entre Coca y Nuevo Rocafuerte a fin de controlar los datos obtenidos en estas estaciones.

Las mediciones de caudal permitirán también incrementar puntos en la curva de gasto de la estación Nuevo Rocafuerte, así como también se pudo continuar con el manejo regular de las estaciones de referencia de MES en las cuencas orientales. (Figura 1)

Léxico :

GPS : Geo-Posicionamiento por Satélite
INAMHI : Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.
IRD : Instituto de Investigación para el Desarrollo.
EPN : Escuela Politécnica Nacional.

Figuras 5: Limnigráfico diario y curva de gasto de Napo en Nuevo Rocafuerte
(ACTUALIZAR)

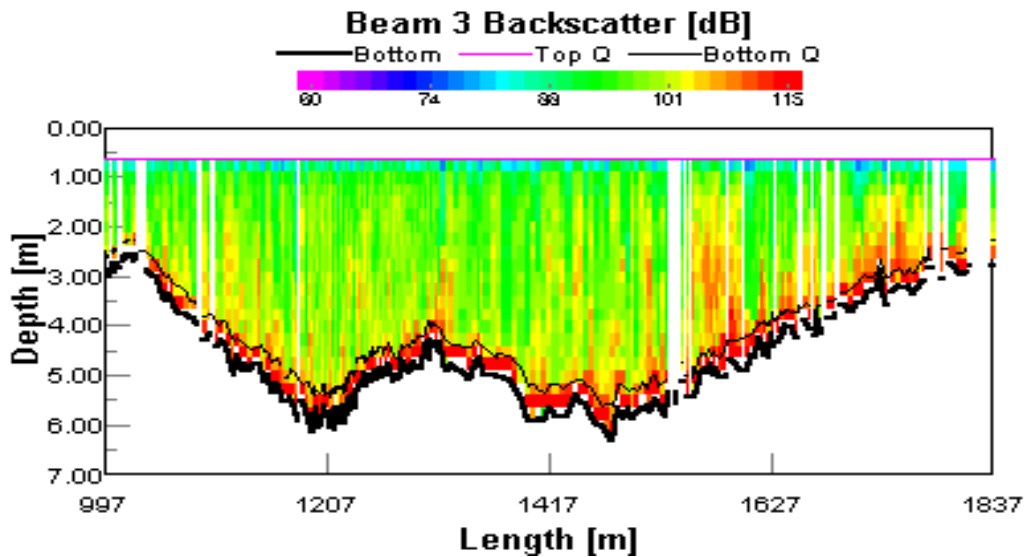
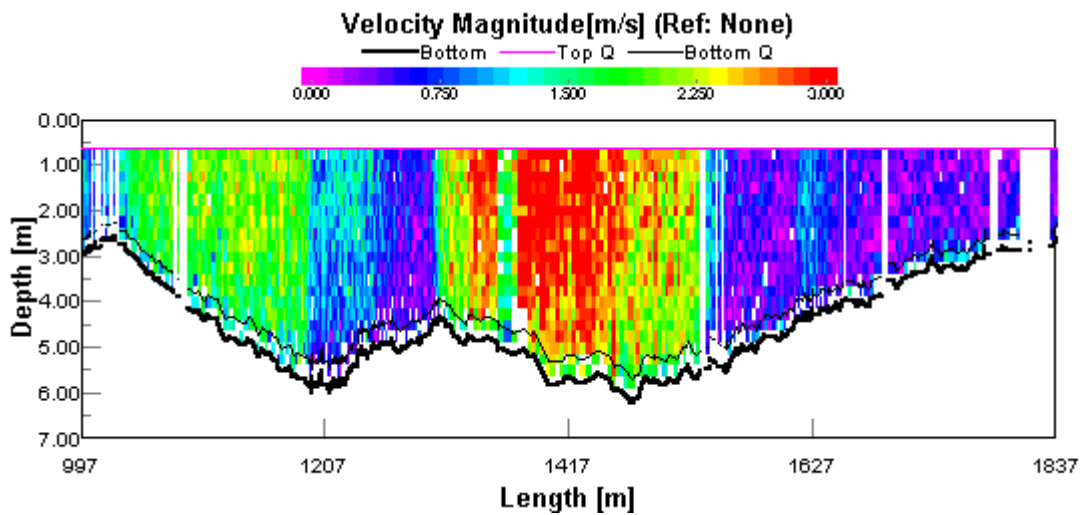
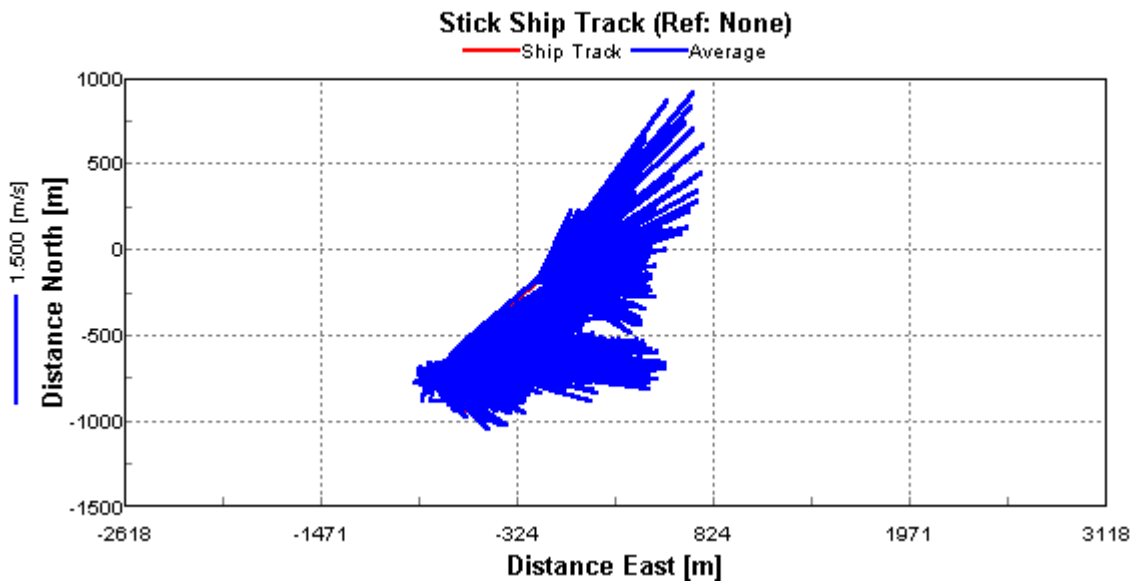


Anexo 1

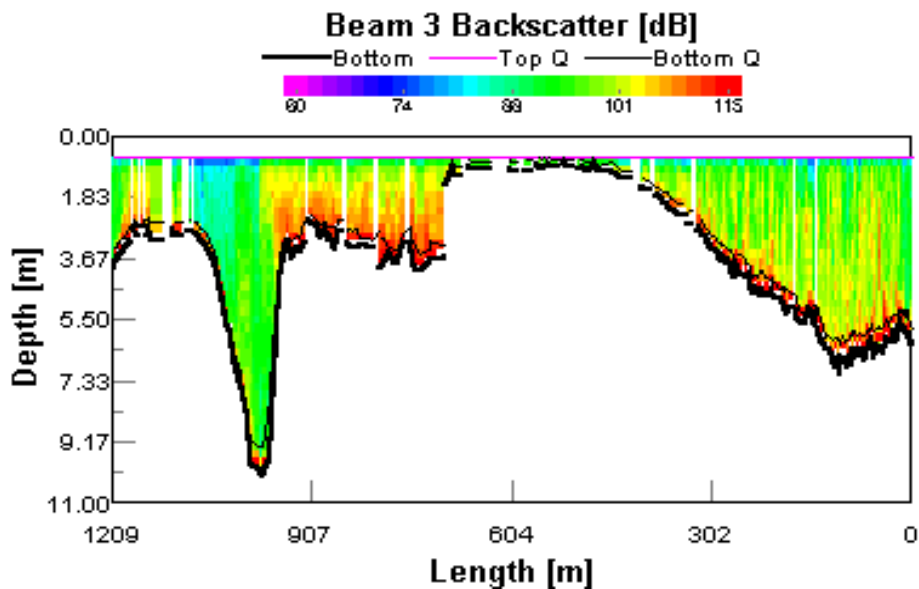
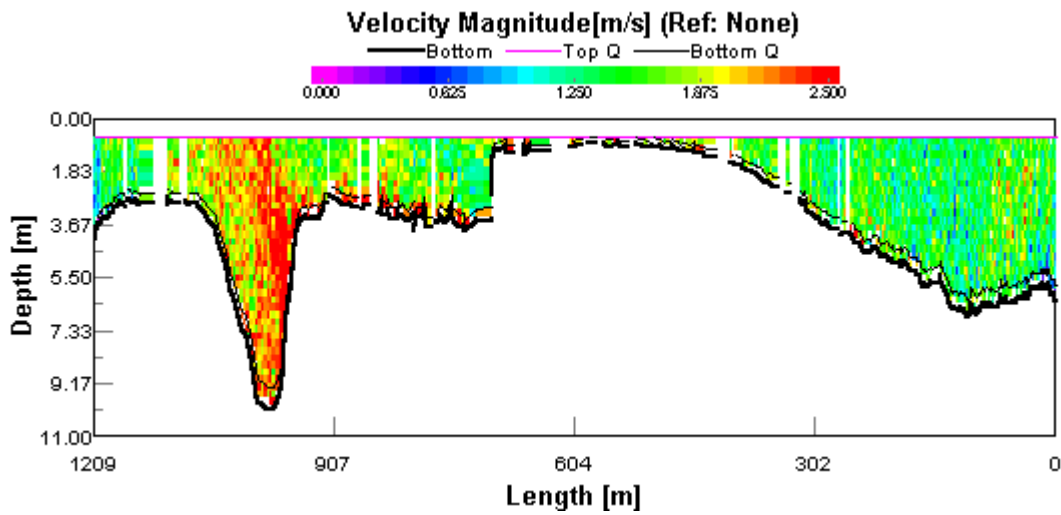
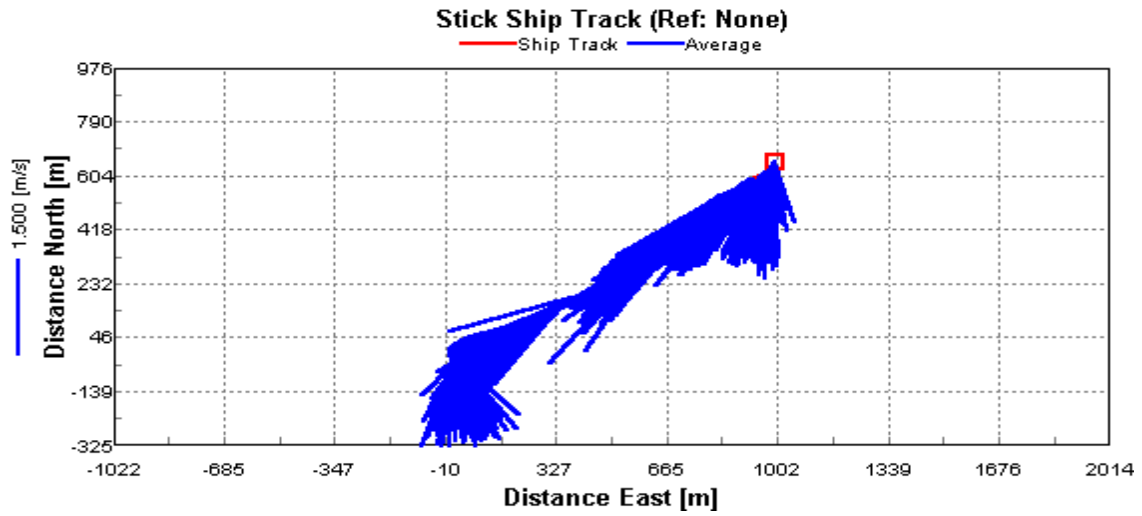
Gráficos de mediciones de caudales con ADCP

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

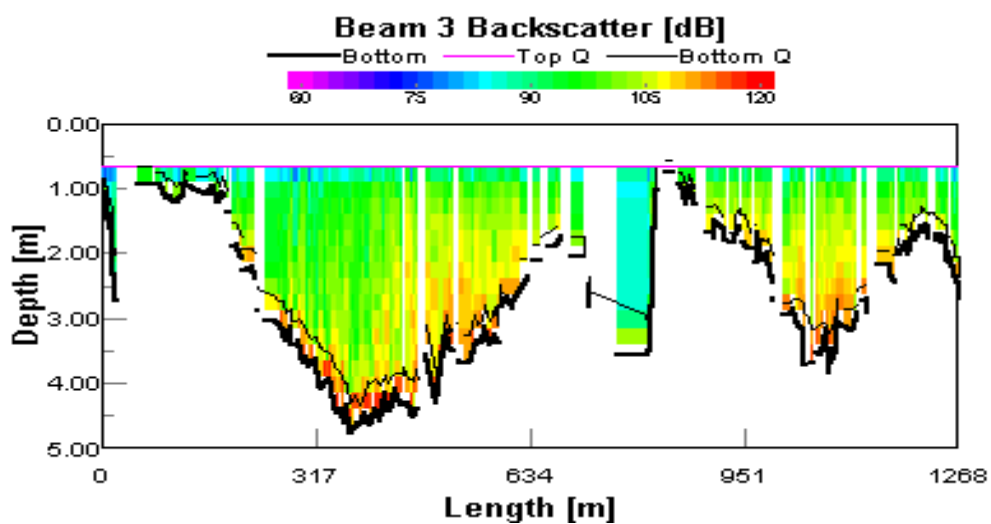
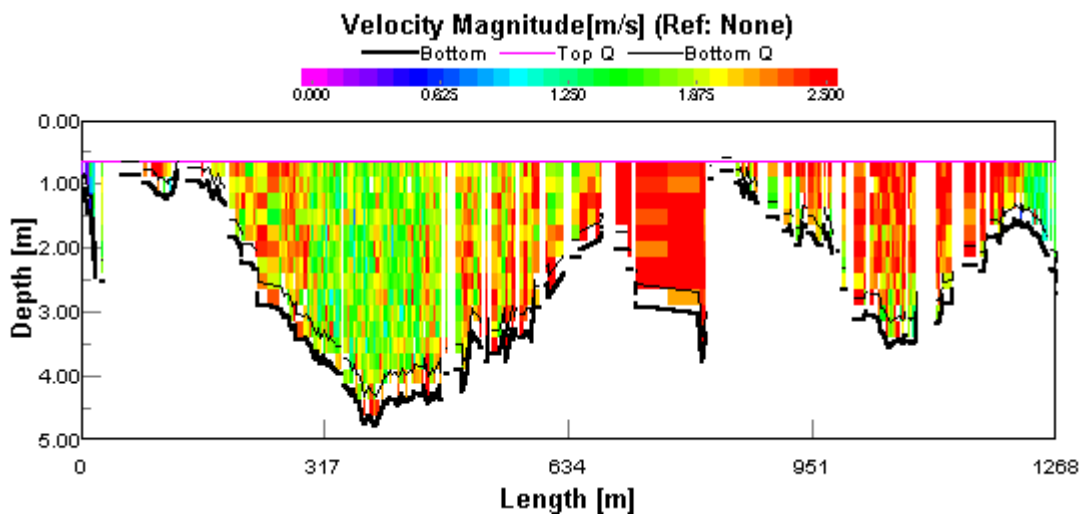
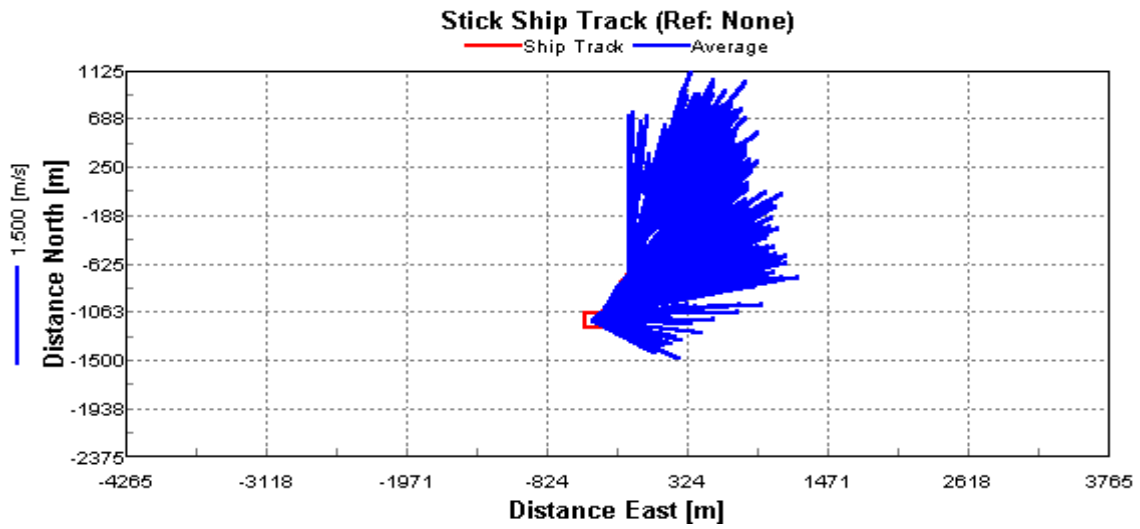
E36. – Río Napo en Nuevo Rocafuerte [3 de junio 2003 – 09h30: Aforo sólido - Rocafuerte 008r]



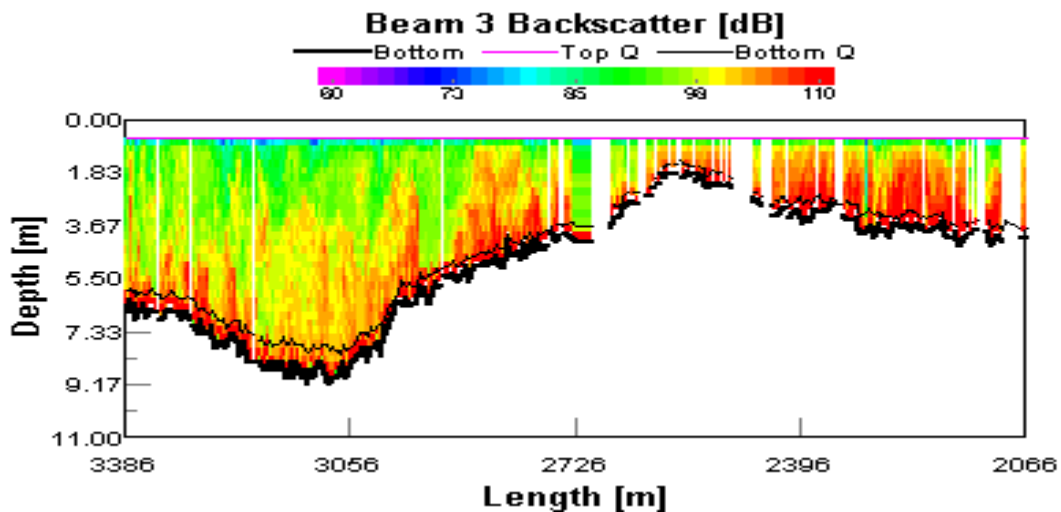
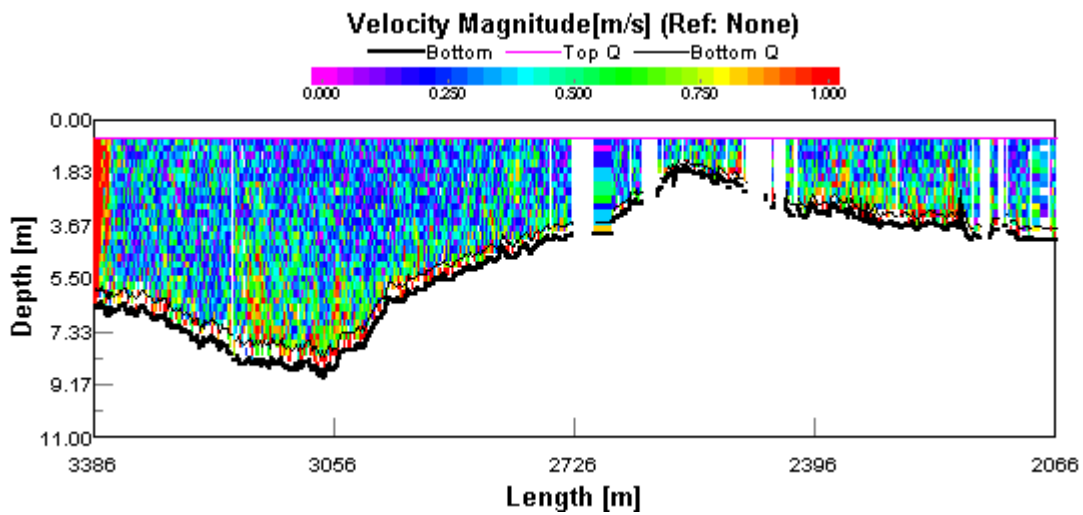
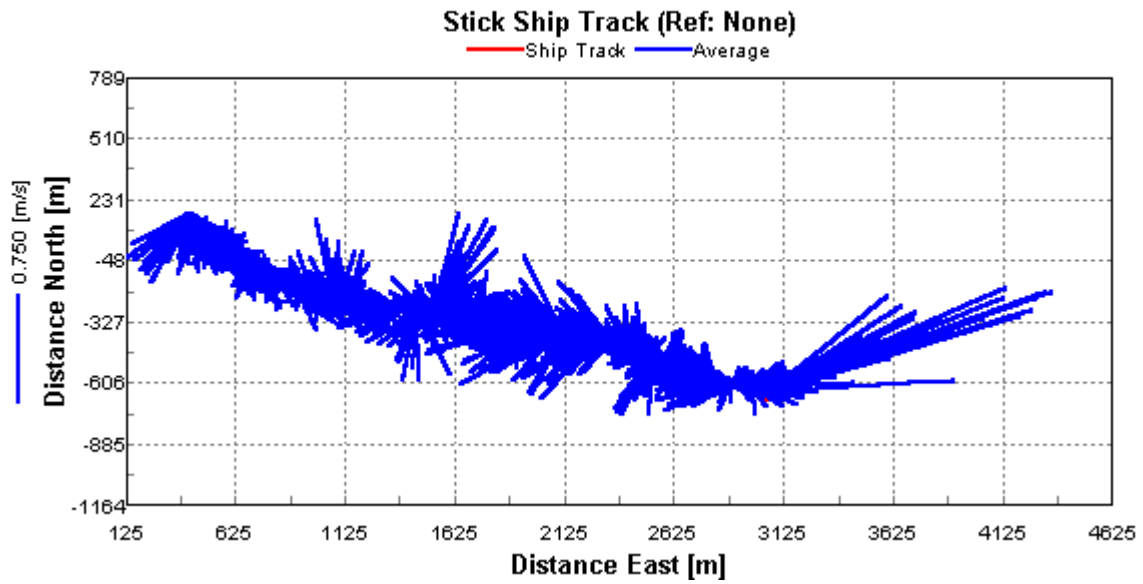
E36. – Río Napo en Nuevo Rocafuerte
 [3 de junio 2003 – 15h45: cota: 2,82; Q = 2122,00 m³.s⁻¹ - Rocafuerte 000r]



E36. – Río Napo en Nuevo Rocafuerte
 [4 de junio 2003 – 08h45: cota: 2,88; Q = 2441,59 m³.s⁻¹ - Roca2 000r]



E36. – Río Napo en Nuevo Rocafuerte
 [4 de junio 2003 – 08h45: cota: 2,88; Aforo sólido - Roca2 000r]



E36. – Río Napo en Nuevo Rocafuerte
 [4 de junio 2003 – 13h00: cota: 2,90; Q = 2541,79 m³.s⁻¹ - Roca3 002r]

