



Hidrogeodinámica de la Cuenca
Amazónica
Hydrogéodynamique du Bassin
Amazonien

IRD - INAMHI

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

Quito ⇨ Pastaza ⇨ Santiago ⇨ Quito

código E31 : (24 – 27 Enero de 2003)



Foto 1 : Río Pastaza en la Unión

Alain Laraque, Philippe Vauchel , Elisa Armijos



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
Philippe Vauchel
Elisa Armijos

IRD - Quito
IRD – La Paz (Bolivia)
UCE - Quito

Publicación HYBAM
Quito
Enero de 2003

SUMARIO

1. OBJETIVOS DE LA COMISIÓN**2. PARTICIPANTES****3. ACTIVIDADES DE CAMPO**

3.1 Medición de caudales

3.2 Muestras de agua y sedimento

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: Río Pastaza en la Unión

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 (Santiago)

Figuras 3: Limnigramas diarios y curvas de gasto (La Unión)

Lista de tablas:

Tabla 1: Cronograma de la comisión E31

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 medición de caudales con ADCP (perfiles batimétricos y campo de repartición de velocidades e intensidades en las secciones estudiadas).

Anexo 2: Gráficos de medición de caudales con GPS.

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, son colocados en el fascículo “0” respectivamente común a todas las comisiones respectivamente (anexos 1, 2 y 3).

1. OBJETIVOS DE LA COMISIÓN

El principal objetivo fue el poder intercambiar métodos, procedimientos y experiencias entre personal del proyecto HYBAM Ecuador y el proyecto HYBAM Bolivia.

A más de continuar con la calibración de las estaciones de referencia del proyecto HYBAM, con el uso de 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 y el muestreo de agua y sedimento.

Se realizaron en 4 días de comisión, 4 aforos con la utilización de un ADCP, GPS y ecobatímetro a más de muestreos sedimentarios y geoquímicos, capacitación de campo para una estudiante de la UCE.

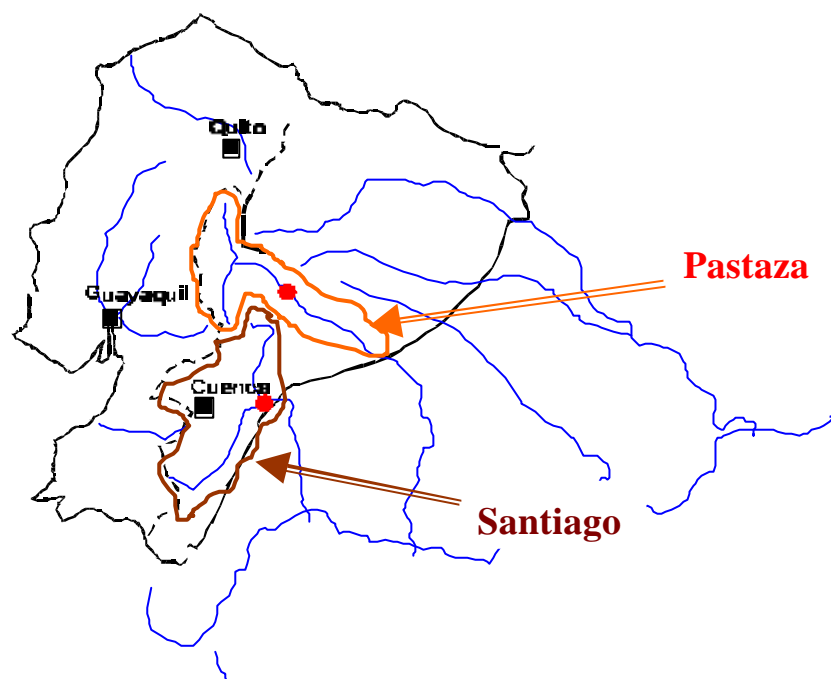


Figura 1: Estaciones de Referencia del Proyecto HYBAM-Ecuador (Cuencas de los Ríos Pastaza y Santiago).

2. PARTICIPANTES :

| | | |
|--------------------|-----|------------|
| ↪ Alain Laraque | IRD | - (Quito) |
| ↪ Philippe Vauchel | IRD | - (La Paz) |
| ↪ Elisa Armijos | UCE | - (Quito) |

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* en las estaciones de Pastaza y Santiago.

Se realizó una medición de caudal utilizando ecobatímetro EAGLE Strata 128 y GPS Garmin 12XLS, solamente en la estación de Santiago.

3.2 Muestras de agua

Las muestras para análisis específicos de agua fueron tomadas con un balde suspendido a una cuerda desde los puentes (caso del Pastaza) o con un frasco de 500 ml directamente desde una lancha localizada al frente de la corriente. 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 del material en suspensión y disuelto, mismo que se realizó en tres verticales representativas (25, 50 y 75% de la sección de medición) y a tres profundidades en cada una de estas verticales.

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 ($A_p = \pm 0.1 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ a 25°C)
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 12XLS ($A_p = \pm 3-10$ 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 mas grande está la cota, mas bajo está el nivel del río.

3.4. Filtración de las muestras

Todas las muestras fueron filtradas en el laboratorio Hybam 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 esta destinado al análisis de los elementos disueltos mayores (cf. Anexo 2 del fascículo 0).

4. DESARROLLO DE LA COMISIÓN

Esta comisión se llevo a cabo de la siguiente manera :

Cuencas del Pastaza y Santiago con etapa de 4 días.

Tabla 1: Cronograma de la comisión E31

| | Ciudades | Quito | Quito ---> Pastaza-->Macas | Macas -> Santiago | Santiago--> Macas | Macas--> Past-->Quito | |
|------------------------|----------|----------|----------------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|----------|
| Personal | Sigla | 23-ene | 24-ene | 25-ene | 26-ene | 27-ene | Días |
| Alain Laraque | AL | + | + | + | + | + | 4 |
| Philippe Vauchel | PV | + | + | + | + | + | 4 |
| Elisa Armijos | EA | + | + | + | + | + | 4 |
| Numero personas | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 |
| <i>número de días</i> | | | 1 | 2 | 3 | 4 | |

Legenda

Trechos

Etapas terrestres (carro/bus) +

Preparación en tierra o trabajo +

☞ 23 de enero:

En Quito :

- Preparación del material para la comisión.

☞ 24 de enero:

- Viaje por tierra Quito – Pastaza (Puente la Unión).
- Recuperación de muestras diarias recolectadas por la observadora Amparito Fiallos.
- Viaje por tierra de Pastaza a Macas.
- Problemas con la unión entre la conexión del modo y la computadora.

☞ 25 de enero:

- Viaje por tierra de Macas a Santiago - duración: 7 h.
- Aforo del río Santiago en Santiago, con el ADCP (4 mediciones). Recuperación de muestras y datos recolectados por el observador.

- Muestreo de agua y sedimento a tres profundidades (superficial, medio y fondo) en cada una de las tres verticales establecidas, situadas a 25, 50, 75% de la sección (E31.01): Río Santiago en Santiago.
- Aforo del río Santiago en Puerto Santiago utilizando ecobatímetro y GPS.

📍 **26 de enero:**

- Aforo del río Santiago en Santiago, con el ADCP (4 mediciones).
- Nota: Se pidió al nuevo motorista de colocar la regla 7-8 en uno de los pilares del puente peatonal, en vista de que está se encontraba derrumbada.
- Recuperación de muestras diarias recolectadas por el nuevo observador, en reemplazo del Cabo Aguac por el próximo mes.
- Dialogo con las nuevas Autoridades del Destacamento BS-61 Santiago, para informarles las actividades que realizan dentro del Proyecto.
- Viaje Puerto Santiago- Macas.

📍 **27 de enero**

- Viaje Macas – Pastaza.
- Aforo en el Río Pastaza desde el puente con el ADCP (4 mediciones).
- Muestreo superficial de agua y sedimento en tres verticales desde el puente.
- Reconocimiento del punto DGPS.
- Viaje por tierra de Pastaza a Quito.

Tabla 2: Resultados de las mediciones de caudales

| Código aforo | Río | Estación HYBAM | Código HYBAM | fecha | Hora | Cota (m) | Ancho (m) | Área (m ²) | Velocidad media | Caudal (GPS) | K | Caudal (m ³ /s) |
|--------------|----------|----------------|--------------|----------|-------|----------|-----------|------------------------|-----------------|--------------|------|----------------------------|
| E31.01 | Santiago | Santiago | 10 062 850 | 25/01/03 | 17h30 | 0,68 | 197 | 834 | 1,03 | - | - | 898 |
| E31.02 | Santiago | Santiago | 10 062 850 | 25/01/03 | 18h00 | 0,70 | - | - | - | 802 | 0,89 | |
| E31.03 | Santiago | Santiago | 10 062 850 | 26/01/03 | 09h40 | 0,45 | 194 | 798 | 0,88 | - | - | 730 |
| E31.04 | Pastaza | La Union | 10 066 500 | 27/01/03 | 12h55 | -12,33 | 110 | 200 | 1,61 | - | - | 284 |

* nuevos códigos INAMHI desde abril 2002

Total 2 secciones; 16 perfiles; media dQ = 1,77%

Tabla 3 : Características de los puntos de muestreo

(Mediciones físico-químicas de las muestras “in situ”)

| Código muestra | Río | Estación | Fecha | Hora | Punto de muestreo | | Altitud m.s.n.m | Cota (m) | Caudal m ³ /s | T °C | pH | C.E. uS/cm | Turb. NTU | MES* mg/l |
|-----------------|----------|----------|----------|-------|---------------------|---------------------|-----------------|----------|--------------------------|------|------|------------|-----------|-----------|
| | | | | | Latitud | Longitud | | | | | | | | |
| E31.01** | Santiago | Santiago | 25-01-03 | 17h30 | S03°03'12.6" | W78°01'03.7" | 300 | 0,68 | 898 | 23,4 | 7,02 | 70,2 | 47,0 | 62,5 |
| E31.02** | Pastaza | La Unión | 27-01-03 | 12h50 | S01°54'52.2" | W77°49'30.8" | 663 | -12,33 | 284 | 25,1 | 7,22 | 107,1 | 29,2 | 48,4 |

Leyenda :

(*) = los MES son determinados en laboratorio

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

Coordenadas:

en negrita : son de los puntos de muestreo tomadas con GPS.Sistema WGS 84 (desde 01/01/03) .

Altitudes : en normal = altitud GPS

en itálico negrito = altitud hitos DGPS

5. RESULTADOS

5.1. Mediciones de caudales

La época de la comisión E31, (enero) está caracterizada por aguas en estiaje en las cuencas de los ríos Pastaza y Santiago.

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 (cf.anexo1 del fascículo “0”: Localización de las estaciones de medición de caudales y de los puntos de muestreo).

Los resultados de las 16 mediciones de caudales con correntómetro acústico de efecto Doppler (ADCP) de frecuencia de 1200 kHz están resumidos en la tabla 2 al igual que el caudal medido con ecobatímetro y GPS (anexo 2); y los gráficos del software WINRIVER (RDI) se encuentran en el anexo 1.

El procedimiento adoptado con ecobatímetro y GPS, consiste en determinar la velocidad superficial del agua en tres puntos representativos de la sección (generalmente 25, 50 y 75 % del cauce principal) de profundidad determinada. Con el ecobatímetro y GPS se obtiene el perfil batimétrico tomando varias parejas de puntos (coordenadas GPS, profundidad) en la sección de medición. De tal manera se puede calcular la superficie de la sección y en seguida obtener un caudal aproximado con la media de la velocidad superficial corregida por un factor “K” dependiendo de la morfología del cauce y de la

hidrodinámica del río durante la medición.

La metodología adoptada con el ADCP consiste en calcular la media aritmética de 6 (o 4) aforos (es decir durante tres recorridos de ida y vuelta entre las orillas) en la misma sección. La medición es considerada como “buena” (desvío $dQ < 5\%$) cuando la velocidad media obtenida en la sección es $< 0.4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ y cuando el porcentaje de caudal realmente medido con el ADCP es $> 50\%$ del caudal total (incluyendo el calculado). Durante esta comisión, se presentó un desvío de $dQ < 5\%$ (1,5%- 2,2%) en las mediciones de caudales en los dos ríos. Estas medidas son de excelente calidad

El desvío medio “ dQ ” corresponde a: 1,77%

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

Para cada sección de medición de caudal, en el Anexo 1 se presenta 3 gráficos que corresponden respectivamente a:

1. la trayectoria del barco (línea roja) y trazado de las velocidades superficiales en las primeras celdas (líneas azules),
2. el perfil de las velocidades en la sección,
3. las intensidades del “beam 3” 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 Santiago: 25 de Enero; Cota = 0,68; Q = 897 $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$

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

5.1.2. Río Santiago: 26 de Enero; Cota = 0,45; Q = 730 $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$

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

5.1.3. Río Pastaza: 27 de Enero; Cota = -12,33; Q = 284 $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$

Esta sección es buena, pero siempre difícil de efectuar el aforo con ADCP a partir del puente colgante.

5.2. Muestreo de agua y de sedimentos

Durante la comisión E31, una sección fue muestreada en tres verticales y a tres profundidades por vertical (Santiago) en dos días. Mientras que la sección de Pastaza los puntos de muestreo son superficiales tal como se indica en la tabla 3.

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

5.2. Muestreos de agua y de sedimentos

Durante la comisión ‘E31’, 2 puntos fueron muestreados (tabla 2). Cuando fue posible, el

caudal fue medido con ecobatímetro y GPS en los lugares de muestreo.

Los parámetros físico-químicos del agua (temperatura, conductividad, pH, turbiedad) fueron medidos “*in situ*”. La determinación de la alcalinidad (concentración en HCO_3^-) fue realizada “*in situ*”, después del muestreo, con el método potenciométrico. Todas las muestras fueron filtradas con filtros de $0,45 \mu\text{m}$ de porosidad para determinar las concentraciones de materia en suspensión (MES) en el laboratorio HYBAM situado en el INAMHI de Quito, después de la comisión (ver anexo 2 del fascículo”0”).

6. FINANCIAMIENTO DE LA COMISIÓN

La campaña E31 fue financiada por el IRD (Programa HYBAM), con su propio material, (vehículos, aparatos) para las cuencas del Pastaza y Santiago.

7. CONCLUSIONES

Se pudo intercambiar conocimientos y técnicas de campo para aforo y muestreo entre el grupo HYBAM Ecuador y Bolivia.

Se realizaron en 4 días de comisión, 16 medidas de aforos con el ADCP y uno con el “GPS” en 2 secciones diferentes con muestreos sedimentarios y geoquímicos.

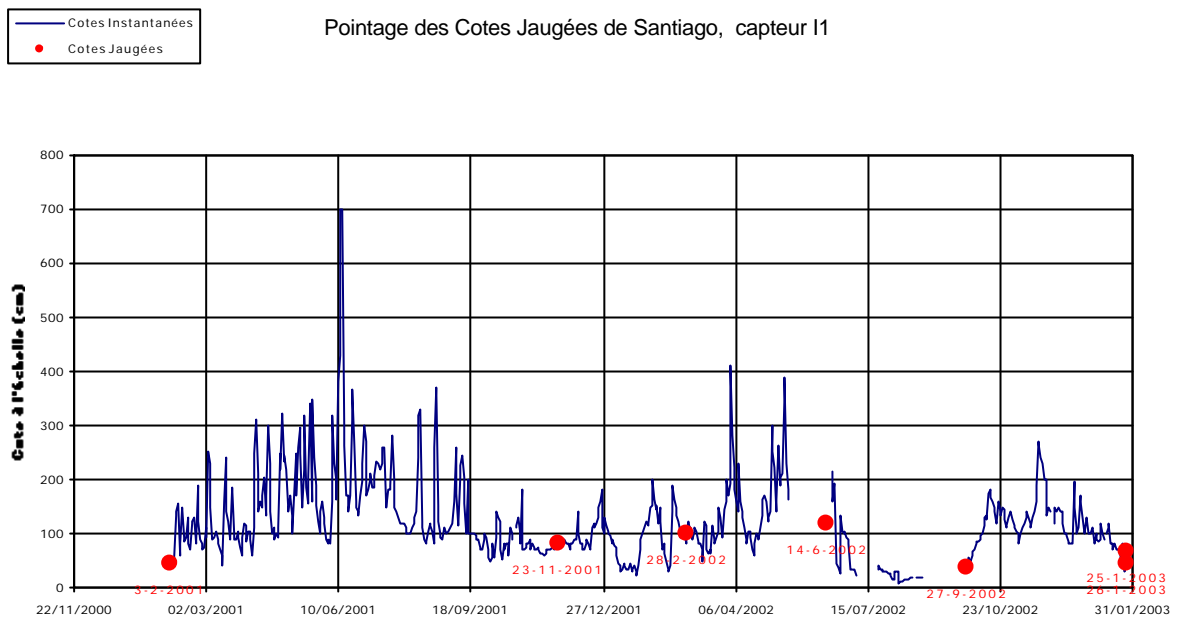
Estas mediciones permiten también obtener perfiles batimétricos perfectos y detallados de cada sección a fin de facilitar los cálculos de flujos hídricos, sedimentarios y geoquímicos; y de evaluar los fenómenos de divagación fluvial.

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

Léxico :

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

Figura 2



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

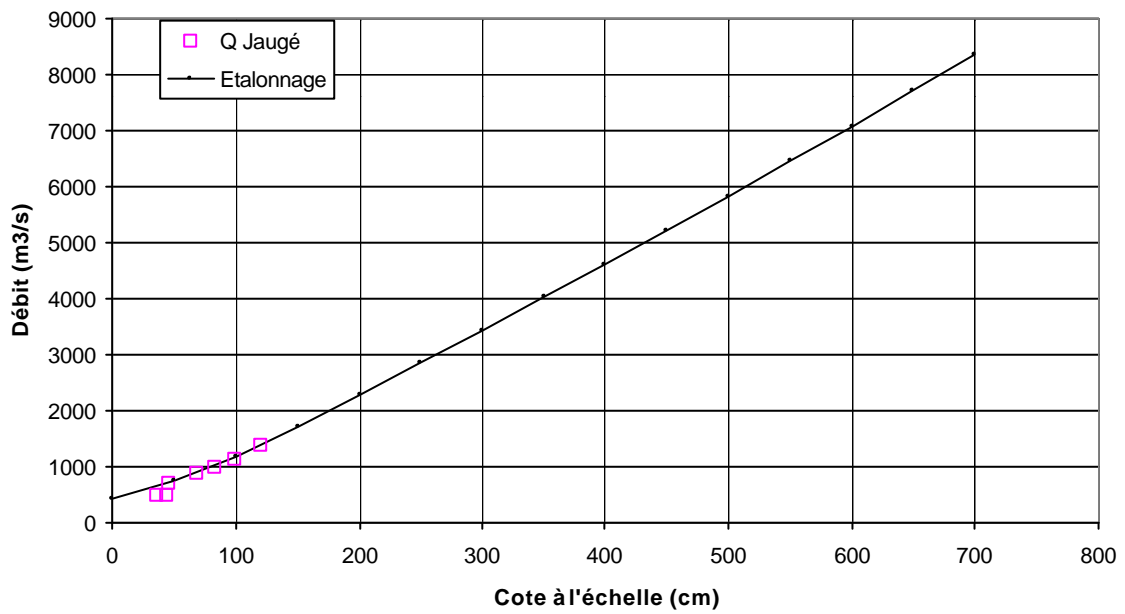
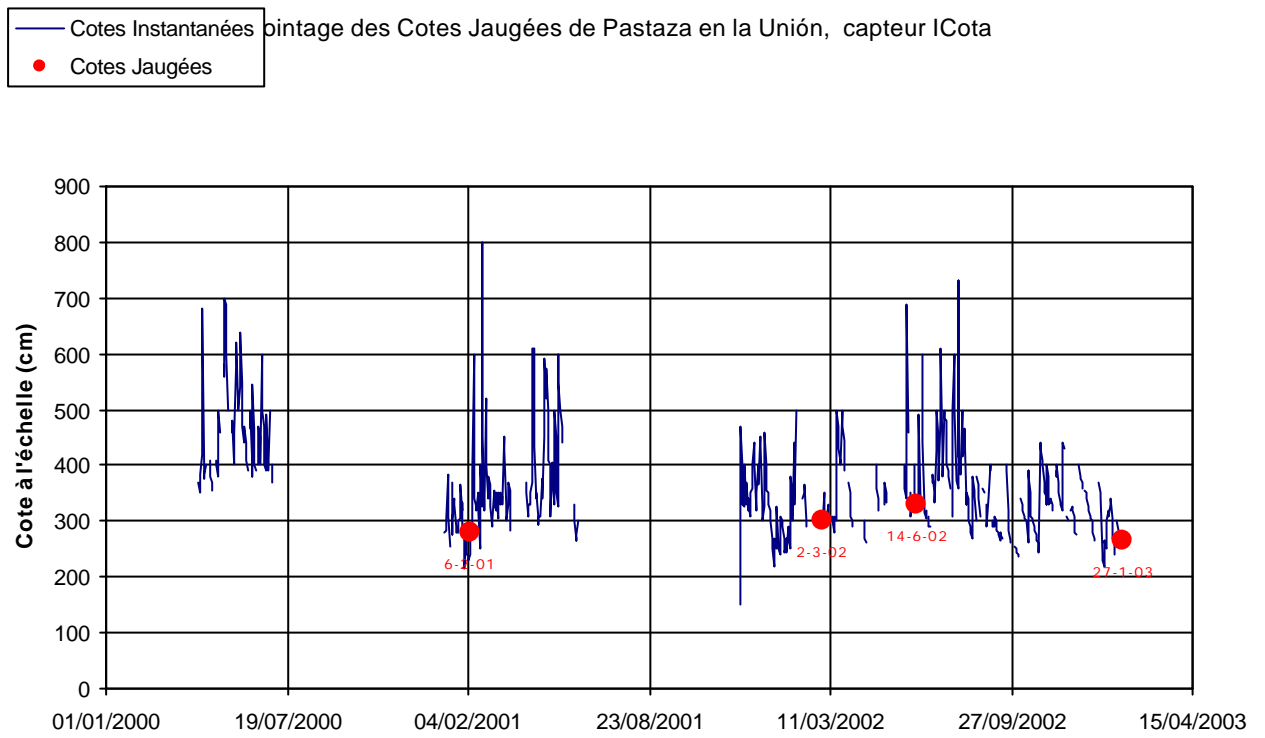
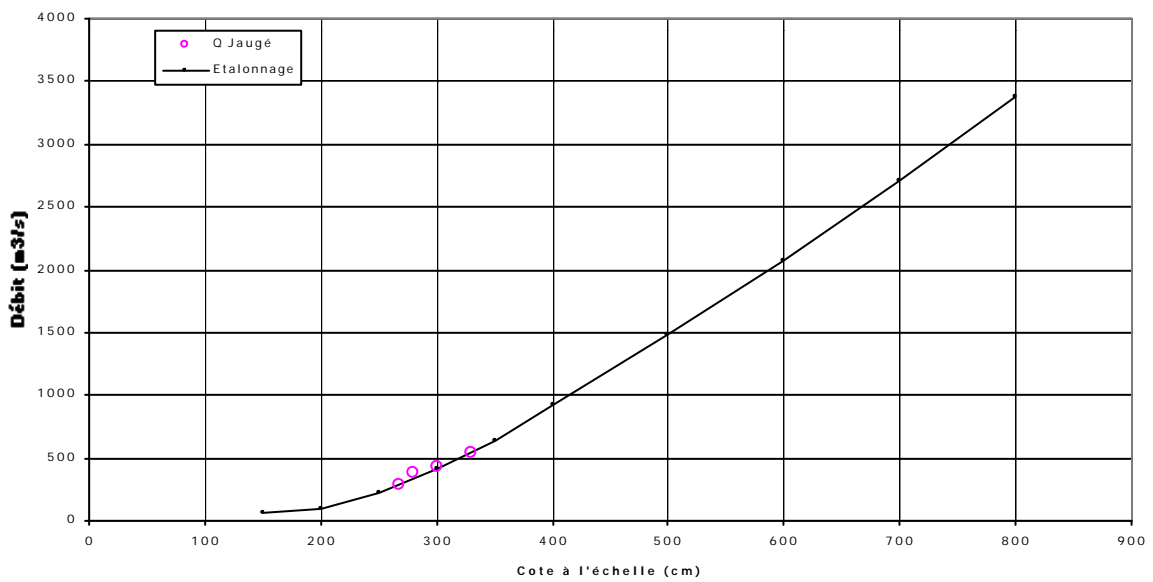


Figura 3



Etalonnage de Pastaza en la Unión, capteur ICota
 Validité du 01/01/00 au 30/12/9999



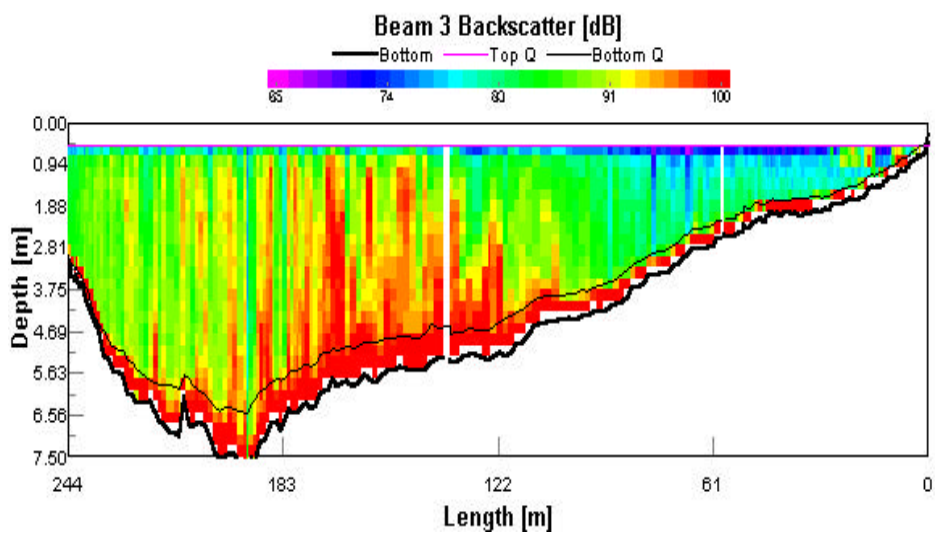
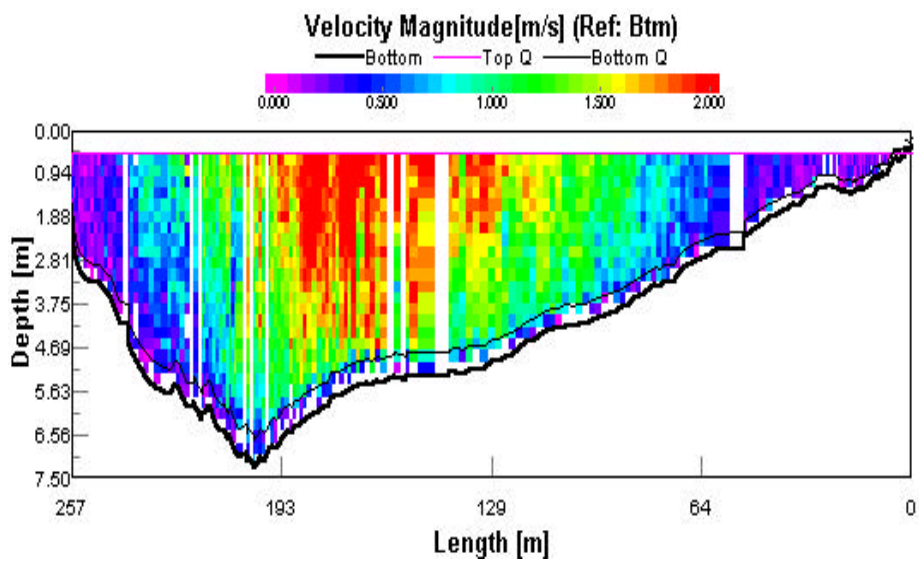
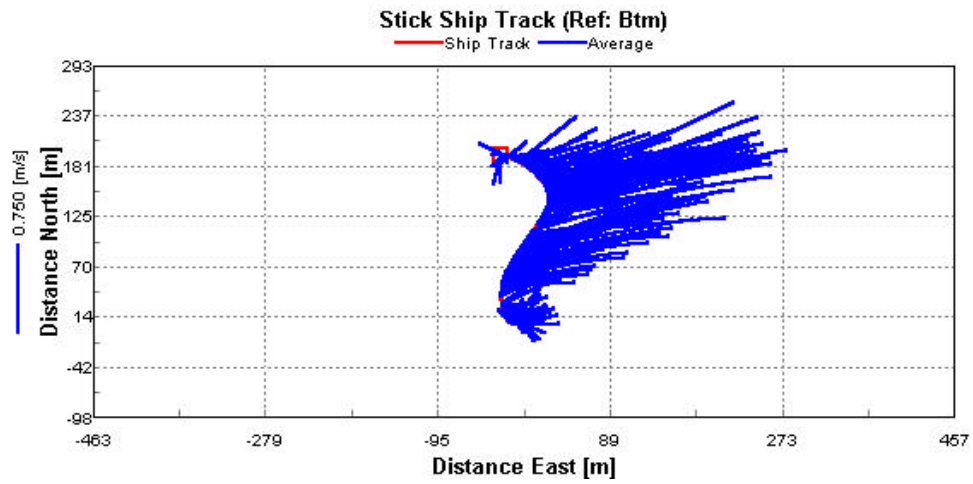
Anexo 1

Gráficos de mediciones de caudales con ADCP

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

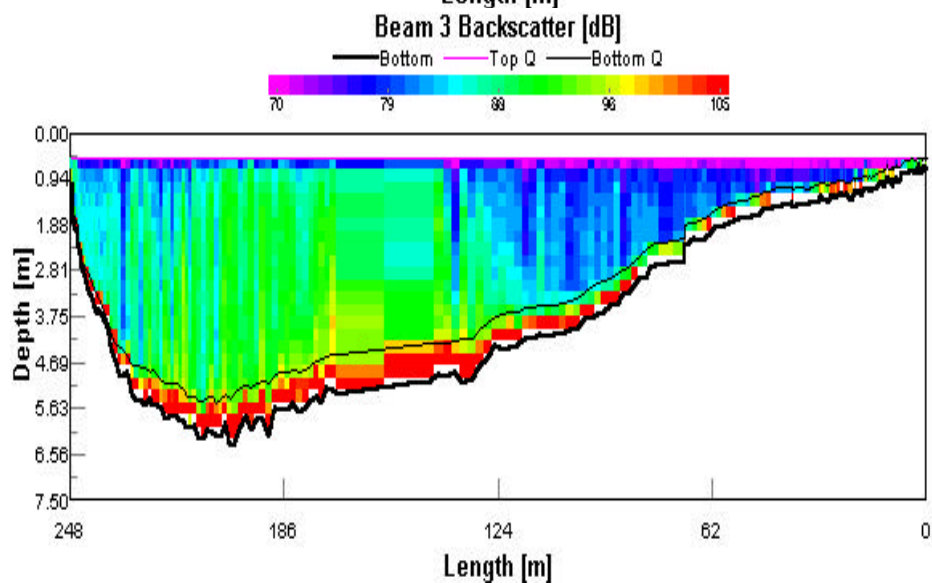
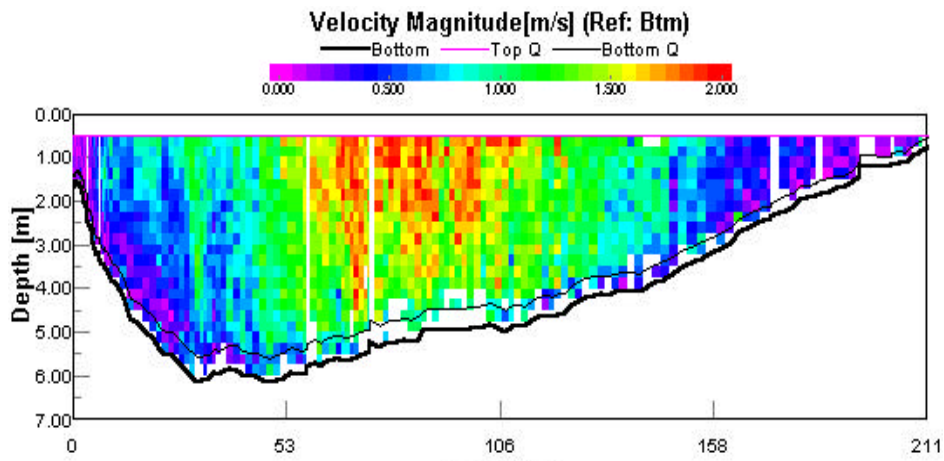
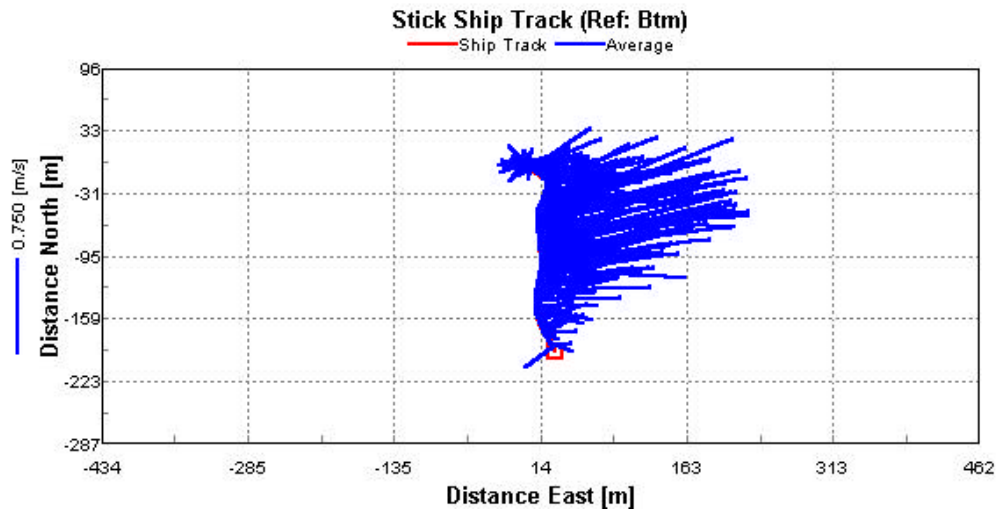
E31– Rio Santiago en Santiago

[25/01/03 – 17h30h – cota : 0,68m ; Q = 897 m³.s⁻¹ –E31 Sant000r]



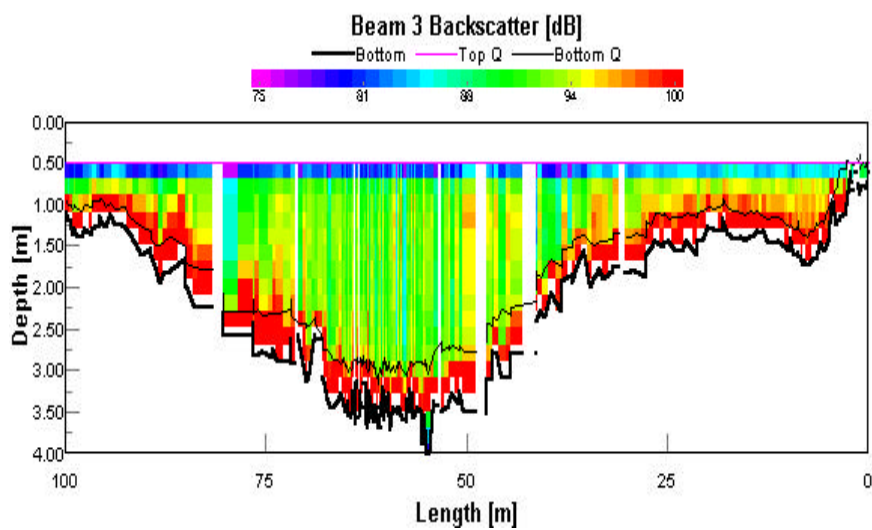
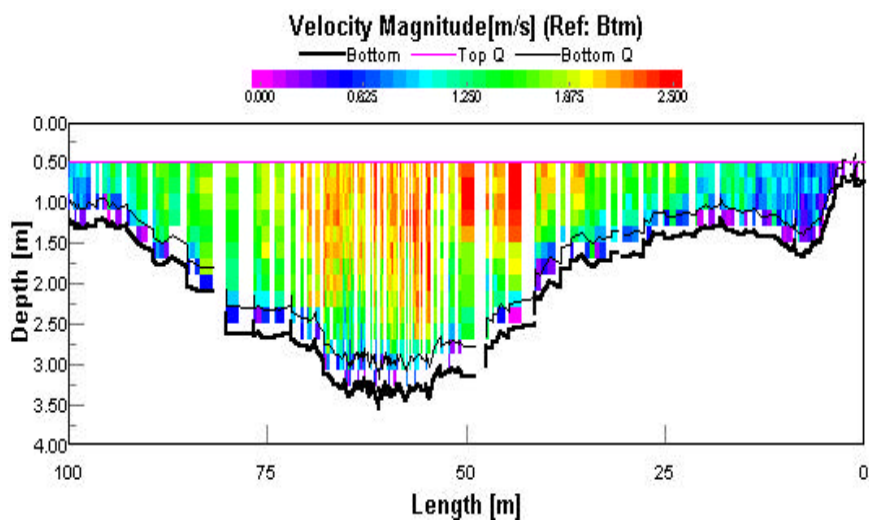
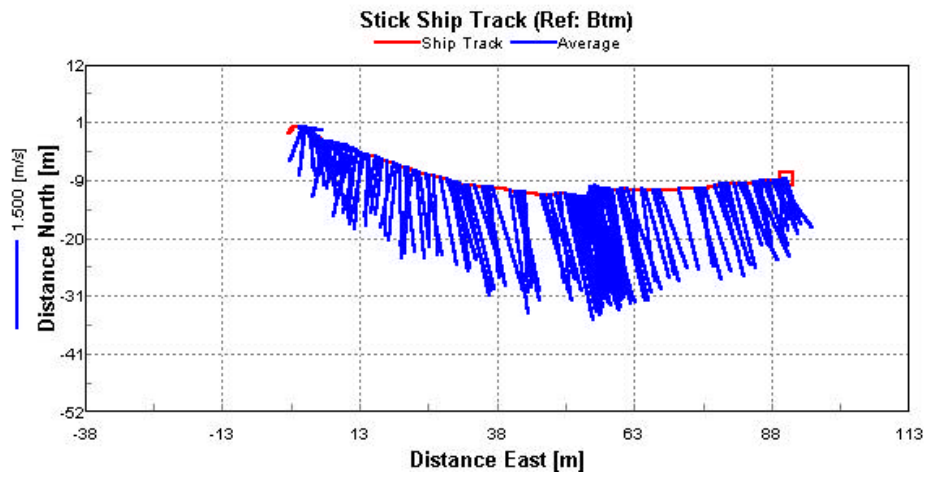
E31 – Rio Santiago en Santiago

[26/01/03 – 09h40 – cota : 0,45m ; Q = 730 m³.s⁻¹ – E31 Santiago 008r



E31 – Rio Pastaza en La Union

[27/01/03 – 12h55h – cota=-12,33 m ; Q = 284 m³.s⁻¹ –E31 Pasta002r]



Anexo 2

**Gráficos de mediciones
de caudales con ecobatímetro y GPS
(perfil batimétrico)**

