



\* Hidrogeodinámica de la Cuenca  
Amazónica  
Hydrogéodynamique du Bassin  
Amazonien

IRD - INAMHI

**20<sup>ma</sup> Comisión de aforos,  
muestreo de agua y sedimentos  
Cuenca del Río Napo**

Quito ⇨ Coca ⇨ Rocafuerte ⇨ Coca ⇨ Quito

**código E20  
(18 – 25 Marzo de 2002)**



*Foto 1 : Presentacion del ADCP en Francisco de Orellana*

*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  
Catalina Cerón  
Rodrigo Pombosa  
Philippe Magat

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

---

Publicación HYBAM  
Quito  
Marzo 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 : Presentacion del ADCP en Francisco de Orellana

#### Lista de figuras :

Figura 1 : Localización de la Cuenca del Río Napo – Proyecto HYBAm Ecuador

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

Figura 3 : Limnigramas diarios (datos brutos)

Figura 4 Curvas de gasto

#### Lista de tablas :

Tabla 1: Cronograma de la comisión E20

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

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

Anexo 4: Comparación de los datos limnimétricos entre lecturas del observador y del orphimedes

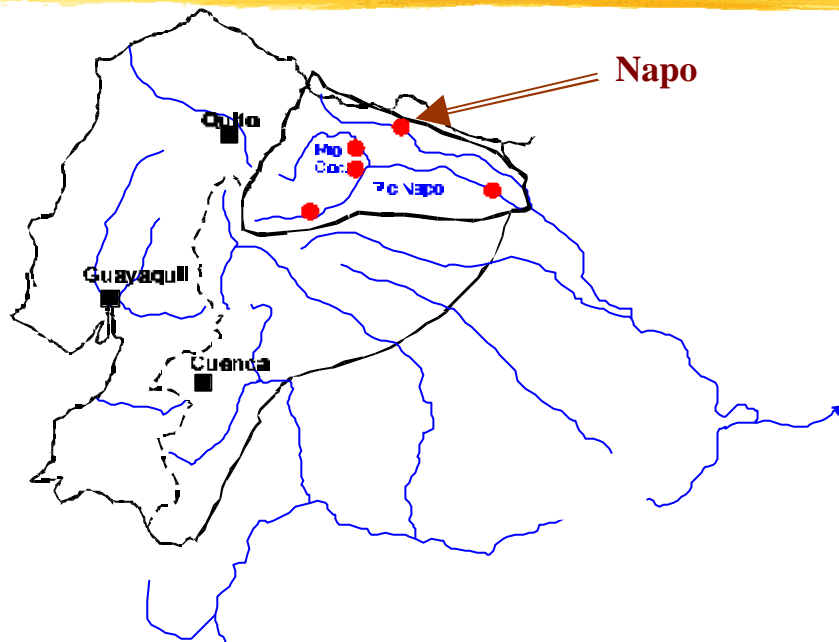
## 1. OBJETIVOS DE LA COMISIÓN

El principal objetivo fue continuar con 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 cuenca oriental del Río Napo (Figura 1), con el manejo regular de las estaciones de referencia de MES.

Se realizaron en 8 días de comisión, 25 aforos en 6 secciones diferentes, de las cuales fueron medidos por primera vez los caudales en el brazo de río ubicado cerca a la orilla izquierda del río Napo en Rocafuerte, y en el Río Aguarico en la gabarra como en la estación de referencia del mismo río en la puente de Nueva Loja, con muestreos sedimentarios y geoquímicos.

### Localización de la Cuenca del Río Napo Proyecto HYBAM - Ecuador



El día 20 de marzo, el proyecto HYBAM realizó la ‘Demostración de aforo con ADCP del Río Napo en Francisco de Orellana’, con la presencia de M. Serge Pinot, Embajador de Francia en Ecuador, el representante del IRD, el Director del INAMHI y sus acompañantes, el Gobernador del Cantón, el Prefecto de la Provincia de Orellana, La Alcaldesa de la Ciudad, las Autoridades militares y policiales; la demostración estuvo efectuada por Alain Laraque y Philippe Magat del IRD, Catalina Cerón y Rodrigo Pombosa por el INAMHI.

## 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*.

### 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 (  $A_p = \pm 3-10 m$  )

con el 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. Filtraciones 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 está destinado al análisis de los elementos disueltos mayores (An.3).

**4. DESARROLLO DE LA COMISIÓN**

Esta comisión se dividió en 2 partes :

Parte 1: demostración de aforo con ADCP en el río Napo en Francisco de Orellana, etapa de tres días para la preparación y la demostración misma.

Parte 2: cuenca del Napo con etapa de 5 días de Coca hasta Nuevo Rocafuerte, Aguarico y San Sebastián y regreso hasta Quito.

Tabla 1: Cronograma de la comisión E20

				parte	1	parte			2		
	Ciudades										
Personal	Sigla	17-mar	18-mar	19-mar	20-mar	21-mar	22-mar	23-mar	24-mar	25-mar	días
Alain Laraque	AL	+	+	+	+	+					5
Catalina Cerón	CC	+	+	+	+	+	+	+	+	+	8
Philippe Magat	PM	+	+	+	+	+	+	+	+	+	8
Rodrigo Pombosa	RP	+	+	+	+	+	+	+	+	+	8
<b>Número de personas</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	
<i>número de días</i>			1	2	3	4	5	6	7	8	

Nota\*: El día 21 de marzo Alain Laraque regresa a Quito en un vehículo del IRD.

**Legenda**

Trechos

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

\*\*\*\*\*

**📅 17 de marzo:**

En Quito :

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

**📅 18 de marzo:**

- Viaje Quito - Coca (Puerto Francisco de Orellana) por tierra para Rodrigo, Alain, Caty y Philippe.
- Arreglo de equipos y salón para la demostración de aforo.

**📅 19 de marzo:**

- En el Campamento militar de Coca: Alquiler de deslizador para práctica y demostración de aforo.
- Aforo del Río Napo en Francisco de Orellana (E20.01).

**📅 20 de marzo:**

- Prácticas de aforo para la demostración de la tarde.
- Demostración de aforo con ADCP en el Río Napo en Francisco de Orellana (E20.02).
- Coctel de cierre de la demostración.
- Arreglo del salón y equipo informático después de la demostración.

**📅 21 de marzo:**

- Viaje de Alain de regreso a Quito en un vehículo del IRD.
- Viaje de canoa con un motor de 65 CV, de Coca hasta Rocafuerte por los demás miembros del equipo - duración: 10 h.

**📅 22 de marzo:**

- Aforo del Río Napo en Nuevo Rocafuerte con el ADCP (4 mediciones) y muestreo en el punto E20.03.
- Aforo del brazo de río junto a la orilla izquierda del Napo en Nuevo Rocafuerte con el ADCP (3 mediciones) E20.04.
- Análisis de muestras "in situ", explicado anteriormente, en el numeral 3.2.
- Control y obtención de datos del Orphimèdes programado para mediciones cada 60 minutos.

**📅 23 de marzo:**

- Aforo del Río Napo en Nuevo Rocafuerte con el ADCP (3 mediciones) en el punto E20.05.
- Viaje de regreso de Rocafuerte a Coca en el mismo deslizador que el de ida – duración 12 h.

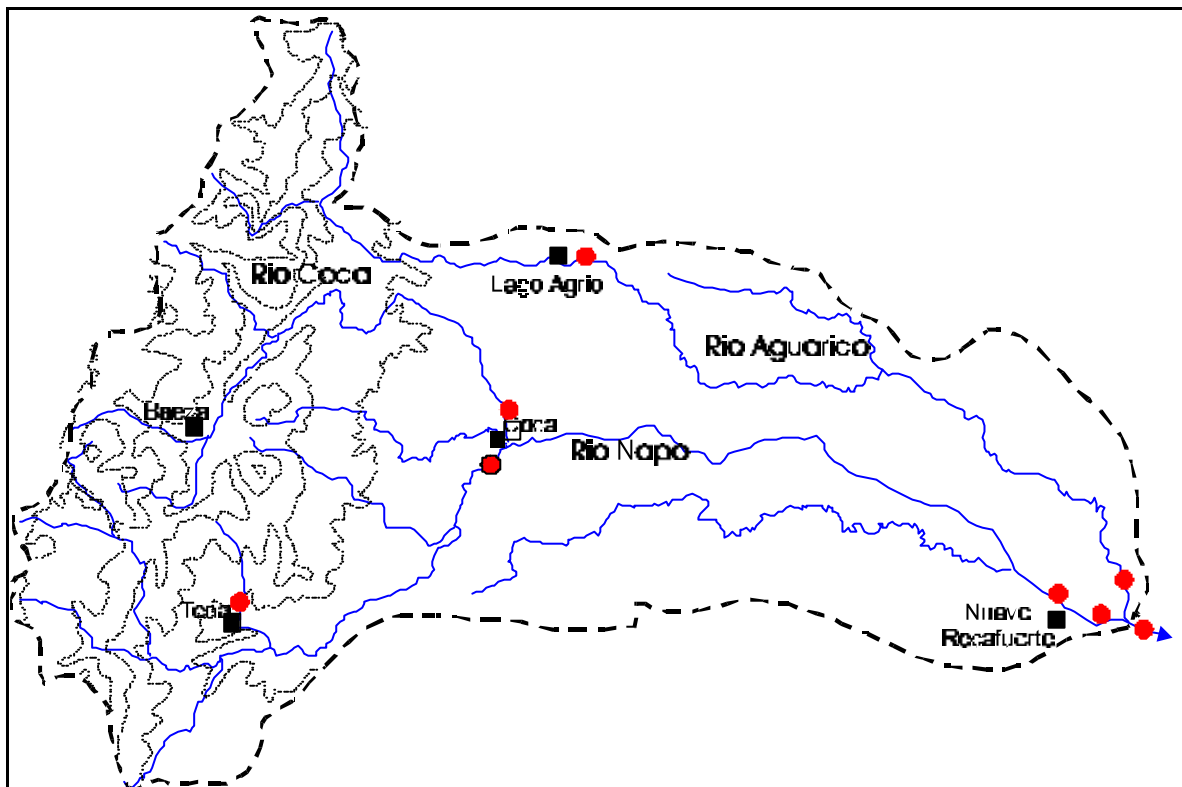
**📅 24 de marzo:**

- am : Viaje de carro de Coca hasta San Sebastián de Coca.
- Aforo el la sección bajo el puente con ADCP (4 mediciones) suspendido de una cuerda y muestreo en el punto E20.06.
- Recolección de muestras del observador y entrega de frascos para cuatro meses de muestras.
- pm : Viaje de carro de San Sebastián de Coca hasta la estación Aguarico en Nueva Loja.

- Primero aforo en la sección bajo el puente con ADCP (2 mediciones) suspendido de una cuerda y muestreo en el punto E20.07.
- Recolección de muestras del observador y entrega de frascos para cuatro meses de muestras.

↳ **25 de marzo:**

- am: Aforo en la nueva sección de Aguarico desde la Gabarra con ADCP (4 mediciones), en el punto E20.07.
- Viaje de vuelta por tierra hasta Quito por Rodrigo, Philippe y Catalina.



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



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

Cód.	río	estación	Codig o	fecha	hora	Cota	Ancho	Caudal	Num .	dQ	archivo	Arc. configuracion
muestr a			INAMH I			m	m	(m <sup>3</sup> /s)	Med i.	%	ADCP	ADCP (*.wrc)
E20.01	Napo	Coca	HA2Q	19/03/02	15h30	4.74	223	1757	5	12.32	E20Coca00(x)r	Config profondeur10
E20.02	Napo	Coca	HA2Q	20/03/02	09h25	4.98	225	1899	2	0.75	Prueba00(x)r	Config profondeur30
E20.03	Napo	Rocafuerte	HA2O	22/03/02	10h30	3.32	837	2825	4	3.27	roca00(x)r	Config profondeur15
E20.04	Napo	Rocafuerte Canal	HA2O	22/03/02	11h15	3.32	59	113	3	0.45	Rocacanal00(x)r	Config profondeur5
E20.05	Napo	Rocafuerte	HA2O	23/03/02	07h30	3.42	822	3324	3	4.98	Rocaf200(x)r	Config profondeur15
E20.06	Coca	San Sebast	-	24/03/02	11h30	-10.98	155	420	4	2.76	Seba00(x)r	Config profondeur5
E20.07	Aguarico	Nueva Loja (Puente)	-	24/03/02	17h00	-14.49	131	456	2	6.15	E20Agu00(x)r	Config profondeur10m
E20.08	Aguarico	Nueva Loja (Gabarra)	-	25/03/02	09h30	-14.96	224	451	4	4.13	Gabarra00(x)r	Config profondeur10

*Total 6 secciones; 25 perfiles; media dQ =4,35 %*

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

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>
E20.03	Napo	N.Rocafuerte	22-Mar-02	10h00	<b>S00°53'75.2"</b>	<b>W75°25'35.5"</b>	110	3.32	2939	23.2	7.22	82.0	385.0	160.0
E20.06	Coca	San Sebast	23-Mar-02	11h30	<b>S00°20'20.6"</b>	<b>W77°00'18.5"</b>	215	-10.98	420	25.4	7.02	98.2	63.0	221.0
E20.07	Aguar r	Nueva Loja	24-Mar-02	17h00	<b>N00°02'38.4"</b>	<b>W76°48'29.7"</b>	290	-14.49	456	24.7	7.07	80.5	46.0	60.0

Legenda :

(\*) = los MES son determinados en laboratorio

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

**Altitudes :** en normal = altitud GPS

*en itálico = altitud hitos militares*

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Mediciones de caudales

La época de la comisión E20 (Marzo) está caracterizada por aguas en crecida en las cuencas de los ríos Napo, Pastaza y Santiago (Fig. 3).

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 25 mediciones de caudales en las 6 secciones con correntómetro acústico de efecto Doppler (ADCP) de frecuencia de 1200 Khz, resumidos en la tabla 2, y los gráficos del software WINRIVER (RDI) 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  $dQ < 5\%$ . Dentro de una misma sección con diferentes mediciones, el desvío observado varía de 0,45 hasta 12,32 %, 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 2 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. 4).

#### 5.1.1. Río Napo en Coca : 19 de marzo – 15h30 : Cota = 4,74 m; $Q = 1757 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$

Buena sección de medición.

#### 5.1.2. Río Napo en Coca : 20 de marzo – 9h25 : Cota = 4,98 m; $Q = 1899 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$

Buena sección de medición.

#### 5.1.3. Río Napo en Nuevo Rocafuerte : 22 de marzo – 11h15 : Cota = 3,32 m; $Q = 113 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$

Sección razonablemente buena con el cauce principal y un canal secundario en la orilla izquierda que entro en funcionamiento durante la crecida (ver 5.1.4 y esquema de la sección en An.1).

#### 5.1.4. Canal secundario del Río Napo en Nuevo Rocafuerte : 22 de marzo – 12h30 : Cota = 3,32 m; $Q = 2825 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$

La suma de los 2 caudales anteriores da un total de  $2938 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .

#### **5.1.5. Río Napo en Nuevo Rocafuerte : 23 de marzo – 7h30 :**

**Cota = 3,42 m; Q =  $3324 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .**

Se hizo una segunda medición de aforos aprovechando el efecto que el nivel del río subió 10 cm en un día, lo que permite adicionar un punto suplementar significativo en la curva de gasto. Este caudal corresponde a la suma de los 2 caudales del cauce principal y del canal secundario.

Se consigue recuperar los datos limnigraficos del “Orphymède” colocado en el puerto de la Marina de Nuevo Rocafuerte sobre el Río Napo. Las comparaciones de sus datos con los del observador, muestra preocupantes diferencias que hacen pensar que existen interpretaciones equivocadas de parte de los diferentes observadores que se rotan para leer las reglas (ver An.4).

#### **5.1.6. Río Coca en San Sebastián : 24 de marzo – 11h30: Cota = -10,98 m; Q = $420 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .**

Buena sección de medición a pesar de tener un cauce irregular.

#### **5.1.6. Río Aguarico en Nueva Loja : 24 de marzo – 17h: Cota = -14,49 m; Q = $456 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .**

Se trata del primer aforo en la sección bajo el puente con ADCP (2 mediciones) suspendido de una cuerda. El ADCP se dio la vuelta cerca a la orilla izquierda, debido a una turbulencia provocada por el pilar del puente.

Sección razonablemente buena pero de difícil medición con el ADCP suspendido de una cuerda por culpa de obstaculos imersos en la sección y con el inconveniente del pilar del puente.

#### **5.1.7. Río Aguarico en la Gabarra : 25 de marzo–9h30 : Cota = -14,96 m; Q = $451 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .**

Se realizó un aforo con el ADCP junto a la gabarra que atraviesa el río ~ 5 km aguas arriba del puente de Nueva Loja.

Sección de medición razonable.

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

Durante la comisión ‘E20’, 3 puntos fueron muestreados (Tabla 3). Cuando fue posible, los caudales fueron medidos con el ADCP en los lugares de muestreo.

Los parámetros físico-químicos del agua (temperatura, conductividad eléctrica, pH, turbiedad) fueron medidos *in situ*, en la canoa. La determinación de la alcalinidad (concentración en  $\text{HCO}_3^-$ ) fue realizada *in situ*, después del muestreo, con el método potenciométrico. Todas las muestras fueron filtradas *in situ*, con filtros de  $0,45 \mu\text{m}$  de porosidad para determinar las concentraciones de materia en suspensión (MES), en el laboratorio del INAMHI en Quito, después de la comisión (ver anexo 3).

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

La campaña E20 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 8 días de comisión, 25 aforos en 6 secciones diferentes con muestreos sedimentarios y geoquímicos, de los cuales fueron medidos por primera vez los caudales en la nueva sección del río Aguarico en Nueva Loja con un ADCP modelo 1200 Khz .

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.

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

Además se consiguió recuperar los datos del “Orphymède” colocado en el puerto de la Marina de Nuevo Rocafuerte sobre el Río Napo, para medir automáticamente los niveles del río cada hora.

- En fin, se realizó la primera capacitación de campo para un funcionario del INAMHI y una estudiante de la EPN al uso del ADCP.

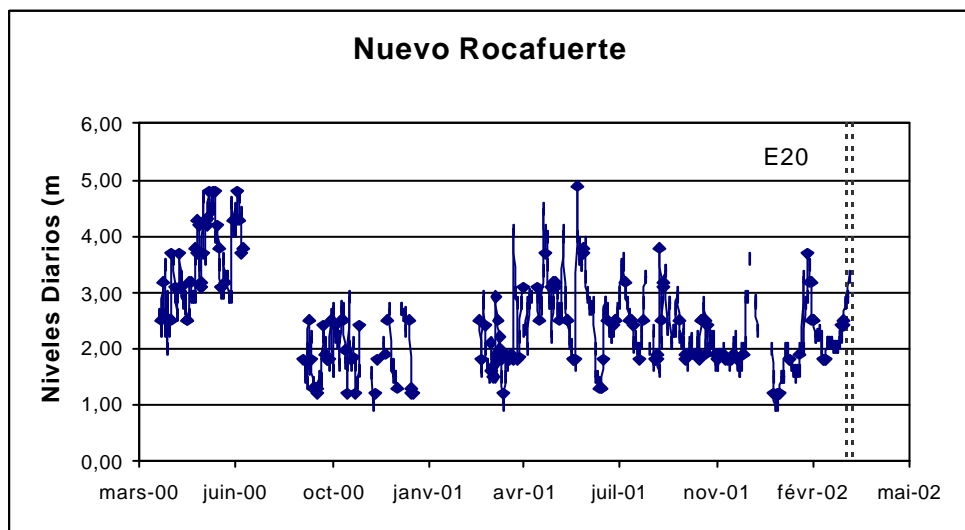
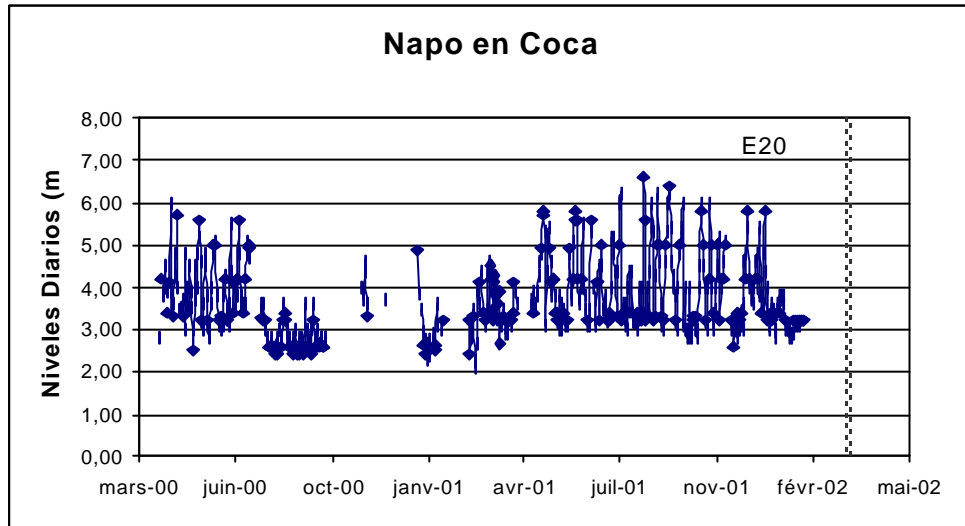
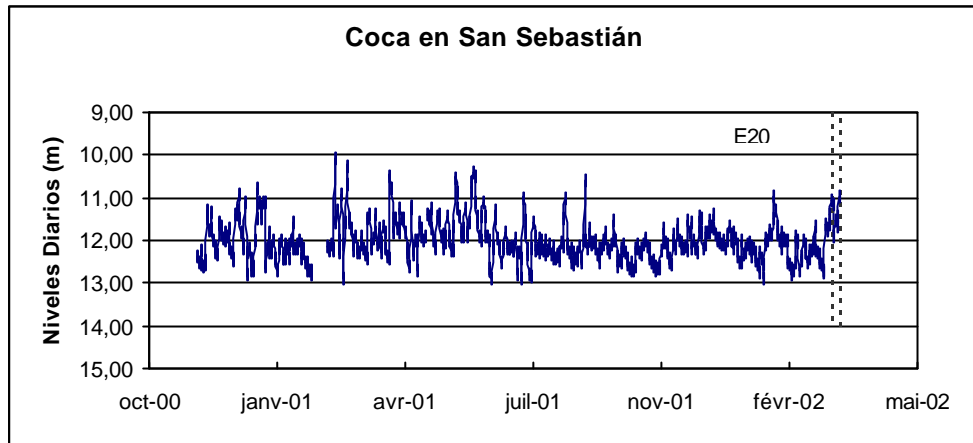
**Léxico :**

EPN : Escuela Politecnica Nacional

INAMHI : Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

IRD : Instituto de Investigación para el Desarrollo

**Figura 3 : Limnigramas diarios (datos brutos)**



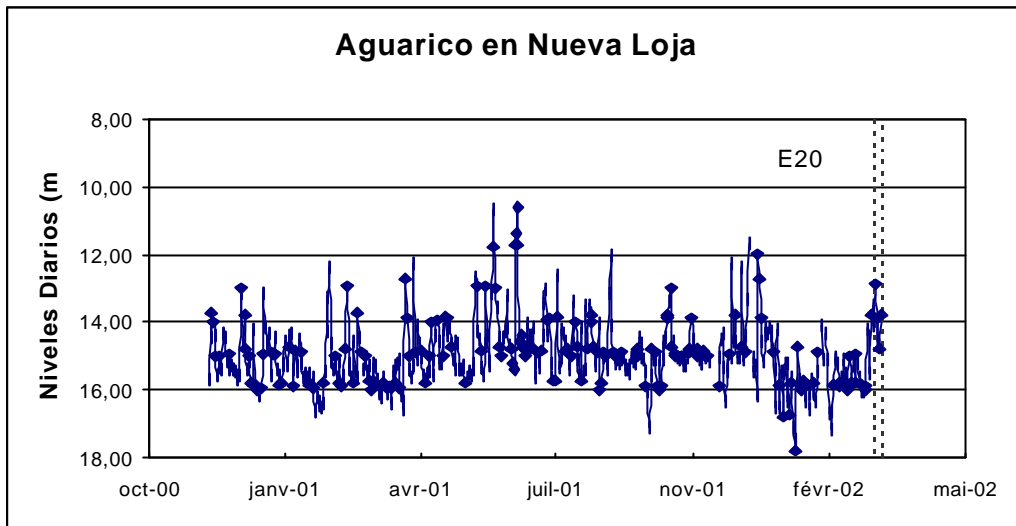


Figura 4 : Curvas de gasto

