



Hidrogeodinámica de la Cuenca  
del Orinoco  
Hydrogéodynamique du Bassin  
de l'Orénoque

IRD - UNEG - UCV

**16<sup>va</sup> Campaña de aforos y  
muestreos de agua y sedimentos  
en la cuenca del río Orinoco**



Caracas ⇒ Puerto Ordaz ⇒ Ciudad Bolívar  
⇒ Puerto Ordaz ⇒ Las Galderas ⇒ Puerto Ordaz ⇒ Caracas

**Código VE16: (7 al 10 de Julio 2011)**

*Bartolo Castellanos, Jesús Pérez*



---

## Edición del informe

Bartolo Castellanos

Alain Laraque

Jose Luis Lopez

IMF/UCV

IRD/GET

IMF/UCV

- Caracas/Venezuela

- Toulouse/Francia

- Caracas/Venezuela

---

Caracas – Redacción en Agosto 2011

---

## SUMARIO

### 1. OBJETIVOS DE LA CAMPAÑA

### 2. PARTICIPANTES

### 3. ACTIVIDADES DE CAMPO

3.1 Mediciones de caudales

3.2 Muestreo de agua

3.3 Medición de parámetros físico-químico “*in situ*”

3.4 Filtración de muestras

3.5 Mediciones batimétricas

### 4. DESARROLLO DE LA CAMPAÑA

4.1 Programación e itinerario de la campaña

4.2 Sitios de medición

### 5. RESULTADOS

5.1 Medición de caudales

5.2 Muestreo de agua y sedimento

### 6. FINANCIAMIENTO DE LA CAMPAÑA

### 7. CONCLUSIONES

### LÉXICO

### ANEXOS

\*\*\*\*\*

Lista de figuras:

- Figura 1: Estaciones de referencia del proyecto HYBAM-Venezuela  
(Cuencas del Río Orinoco)
- Figura 2: Hidrogramas del Orinoco en la estación de Ciudad Bolívar
- Figura 3: Sección de aforo del Orinoco en la estación de Ciudad Bolívar
- Figura 4: Sección de aforo del Orinoco en la estación de de Caño Mamo
- Figura 5: Descenso del muestreador de sedimentos en la vertical central VE16-1.IF
- Figura 6: Descenso del muestreador de sedimentos en la vertical central VE16-2.CF
- Figura 7: Líneas de batimetría realizadas para la toma de agua de Hidrobolivar

Lista de tablas:

- Tabla 1: Cronograma de la Campaña V16
- Tabla 2: Resultados del muestreo de MES en Ciudad Bolívar
- Tabla 3: Resultados del muestreo de MES en el Caño Mamo

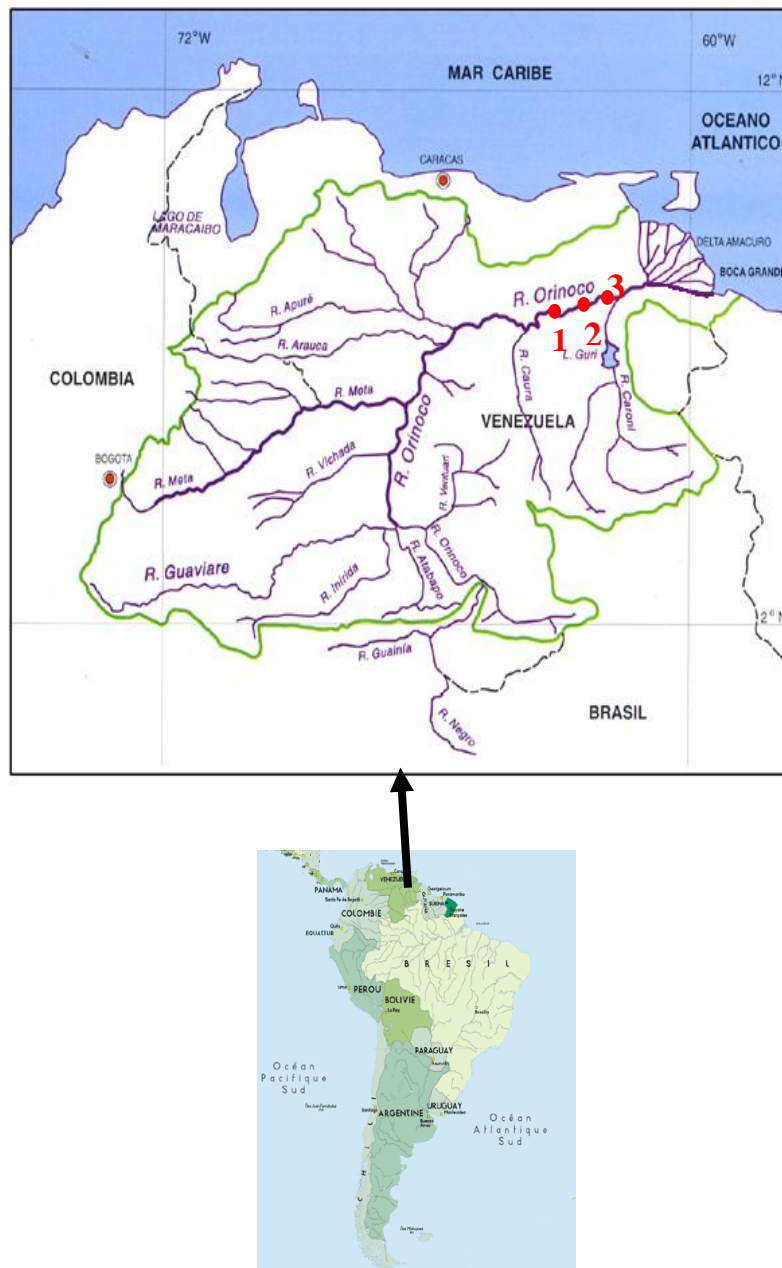
Lista de anexos:

- Anexo 1: Gráficos de los aforos de la campaña VE16
- Anexo 2: Tabla de datos de los aforos ADP de la campaña VE16

## 1. OBJETIVOS DE LA CAMPAÑA

El principal objetivo de esta campaña es realizar los aforos sólidos en las estaciones de monitoreo estudiando los flujos hidrosedimentarios.

Este trabajo se realiza en el marco de los proyectos ORE/HYBAM/Venezuela y ECOS/Nord/Venezuela.



**Figura 1:** Localización de la Cuenca del Río Orinoco con sus estaciones de monitoreo – 1) Estación principal: río Orinoco en Ciudad Bolívar; Estaciones secundarias: 2) Caño Mamo; 3) Puente Orinoquia

## 2. PARTICIPANTES

En el trabajo de campo participaron 5 personas, a continuación se mencionan por orden alfabético de sus instituciones respectivas.

↻ IMF	- (Venezuela)	Bartolo Castellanos
↻ MINAMB BOLÍVAR	- (Venezuela)	Francisco Torres
↻ CIEG	- (Venezuela)	Jesús Pérez
↻ HIDROBOLIVAR	- (Venezuela)	José Viloría
↻ HIDROBOLIVAR	- (Venezuela)	Néstor Ollarves

## 3. ACTIVIDADES DE CAMPO

### 3.1 Medición de caudales

Se utilizó un ADP (Sontek) de 1000 kHz. con un soporte amadrinado a la embarcación.

### 3.2 Muestras de agua

Se realizaron tres enjuagues de los frascos antes de tomar la muestra definitiva con el agua del mismo río para acondicionar los frascos.

Las muestras para análisis específicos de la materia en suspensión y de la materia disuelta del agua fueron tomadas desde una lancha localizada al frente de la corriente; con la lancha colocada a distancias de 25%, 50% y 75% de la margen en la sección de medición. En cada vertical se realizaron tres muestreos puntuales: en la superficie, en el medio y en el fondo.

### 3.3. Mediciones “in situ”

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

1. Conductivímetro WTW LF 318 (Ap = +/- 0.1  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  a 25 °C)
2. pH metro series OAKTON pH 500 (Ap = +/- 0.01 pH)

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

3. GPS 185 C GARMIN (Ap = +/- 3 m),  
con el sistema geodésico WGS 84

### 3.4. Filtración de las muestras

Todas las muestras fueron filtradas en el laboratorio ORE/HYBAM del CIEG/UNEG en Ciudad Guayana.

Para la determinación del material en suspensión (MES) fue utilizada una unidad de filtración frontal con 3 unidades (Sartorius), conectada a una bomba de vacío, con filtros de acetato de celulosa de 0.45 $\mu\text{m}$  de porosidad.

### 3.5. Levantamiento Batimétrico

Se realizaron un total de cuatro líneas perpendiculares a la costa separadas entre sí de 50 a 100 m, las cuales se prolongaron hasta alcanzar la profundidad de 30 m, para esto se utilizó el ADP registrando simultáneamente corrientes y profundidades (fig. 7).

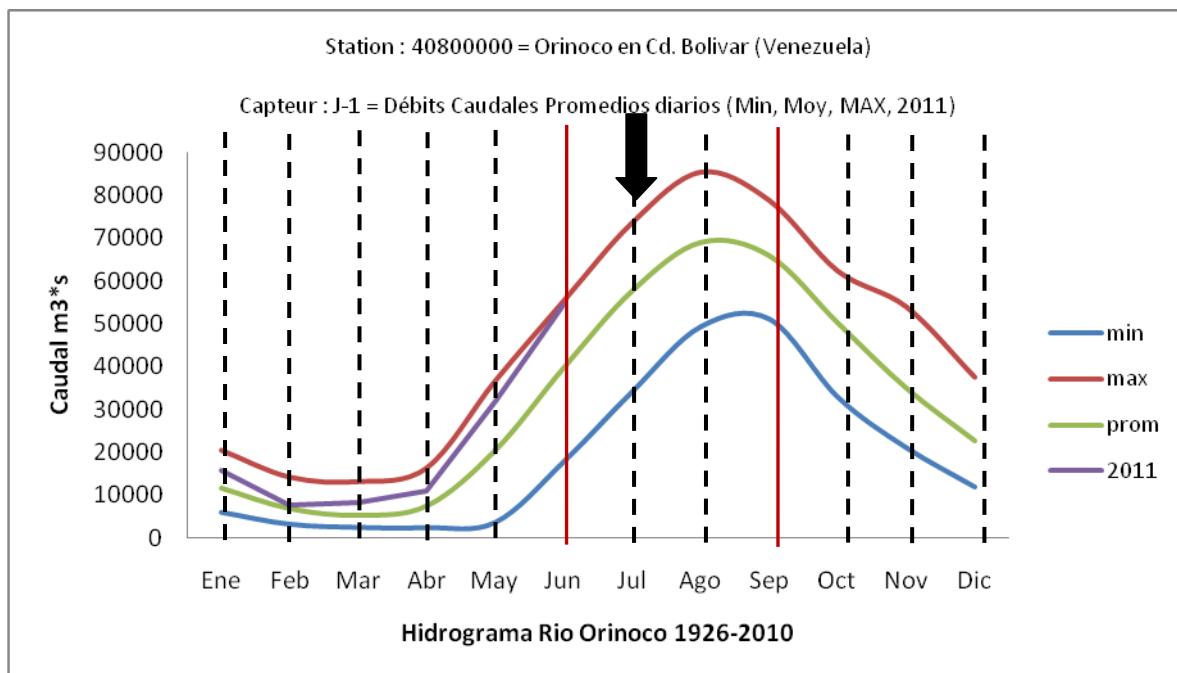
## 4. DESARROLLO DE LA CAMPAÑA

### 4.1 Programación e itinerario de la campaña

La Tabla 1 muestra el cronograma de la campaña VE16 y la Figura 2, su ubicación durante el ciclo hidrológico del río Orinoco. La Tabla 2 presenta el programa detallado de las actividades realizadas durante la campaña.

**Tabla 1: Cronograma de la campaña VE16**

	Ciudades				
		Caracas → Puerto Ordaz	Puerto Ordaz → Cd Bolívar	Puerto Ordaz → Las Galderas	Puerto Ordaz → Caracas
<b>Personal</b>	<b>Sigla</b>	<b>7 - Julio</b>	<b>8 - Julio</b>	<b>9 - Julio</b>	<b>10 - Julio</b>
Bartolo Castellanos	BC	+	+	+	+
Jesús Pérez	JPe		+	+	
Néstor Ollarves	NO		+		
José Viloría	JV		+		
Francisco Torres	FT		+		
<b>Número de personas</b>		1	5	2	1



**Figura 2:** Hidrogramas (máx., min., promedio y año 2011) del río Orinoco en Cd. Bolívar (1926/2010) con localización de los aforos sólidos ORE realizados hasta el momento (en negro punteado) y por realizar (en rojo). La flecha negra indica la campaña VE16.

**Itinerario de la Campaña VE16 del 7 al 10 de Julio 2011**

<p><b>Jueves 07 de julio</b>                  Llegada de Bartolo a Puerto Ordaz 20h00</p> <p>noche en Posada Kaori (Pto Ordaz)</p>	<p><b>Viernes 08 de julio</b>                  a.m. Encuentro con Jesús Pérez, preparativos para los aforos y la batimetría en Ciudad Bolívar</p> <p>Encuentro con Francisco Torres, Néstor Ollarves y José Viloría en el MINAMB de Ciudad Bolívar.                  Batimetría en el puente Angostura (4 líneas de 300 m de longitud).</p> <p>p.m. aforo solido en Ciudad Bolívar (10 muestreos)</p> <p>noche en Posada Kaori (Pto Ordaz)</p>
<p><b>Sábado 09 de julio</b>                  a.m. aforo solido en el Canal Mamo</p> <p>noche en Posada Kaori (Pto Ordaz)</p>	<p><b>Domingo 10 de julio</b>                  a.m.: salida a Caracas en el carro</p> <p>p. m: Llegada a Caracas 06h00</p>

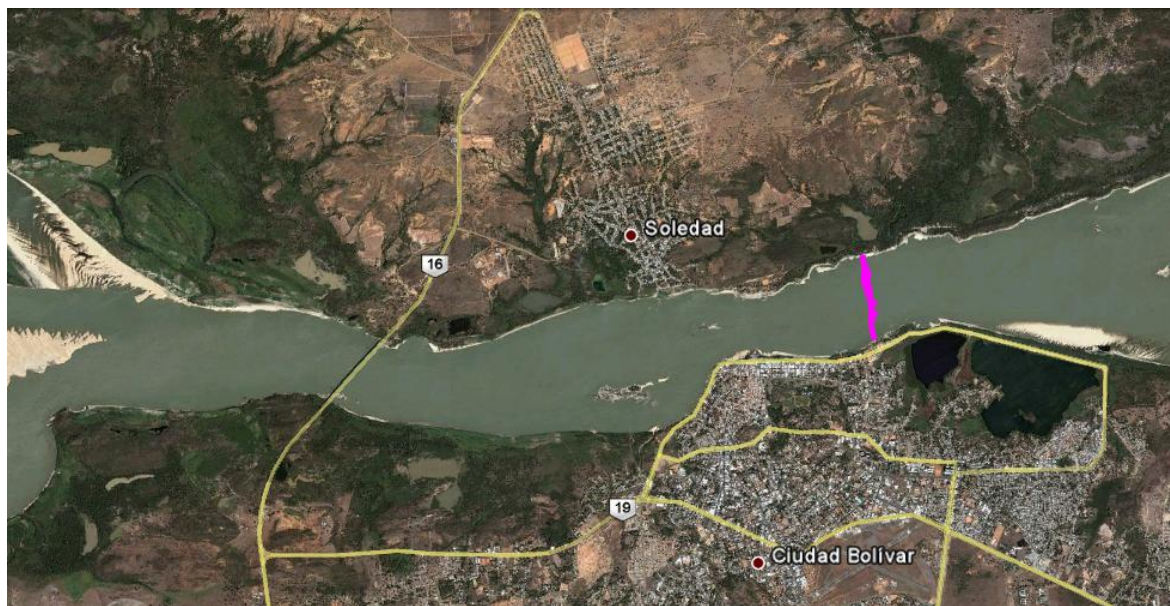
## 4.2 Sitios de Medición

Se realizaron en 4 días de comisión dos aforos sólidos en 2 ríos diferentes (Orinoco y Caño Mamo) con muestreos sedimentarios y geoquímicos y un sondeo batimétrico en la margen derecha del río Orinoco, aguas abajo del puente Angostura en Ciudad Bolívar.

Las imágenes de la figura 3 y 4 muestran las secciones de los aforos.

### 08 de Julio

- Sección de aforo en Ciudad Bolívar



**Figura 3:** Sección de aforo en Ciudad Bolívar (08/07/2011)

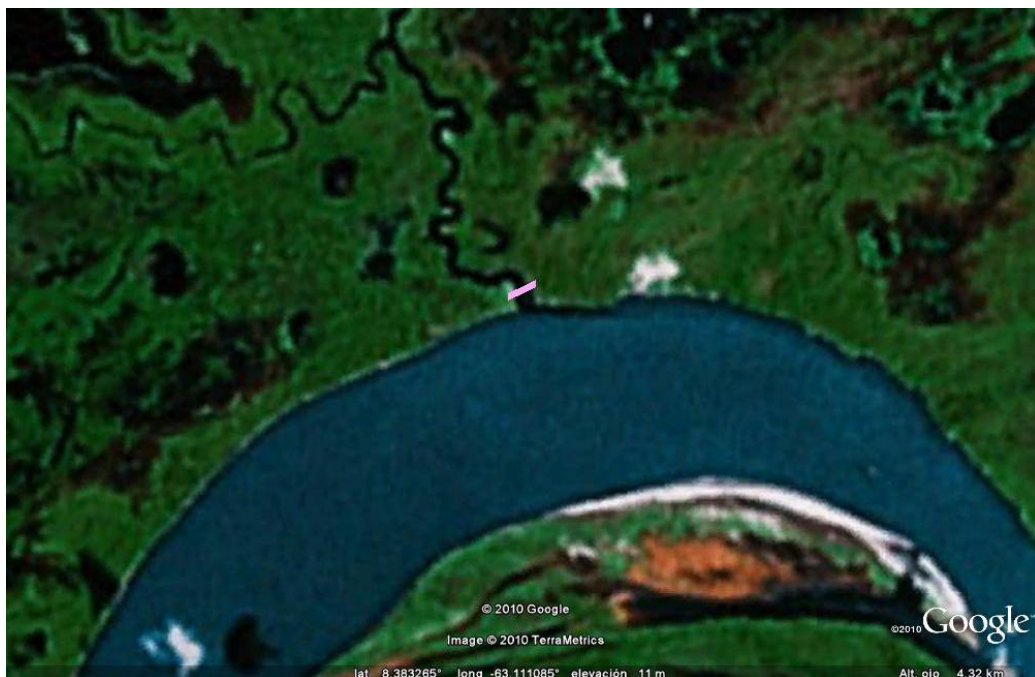


**Tabla 2: Aforo Sólido en Ciudad Bolívar VE16 - 08/07/2011**

Rio	código muestreo	Prof. (m)	prof. Max (m)	cota (m)	Lat. N.	Long. W.	t (°C)	CE (uS/cm)	pH	MES (mg/l)	Q Curva MINAMB (m3/s)
<b>Orinoco</b>	VE16-1.IS	0	>40	15,12	8° 09' 22,3"	63° 32' 16,1"	28,5	25,6	6,13	83,76	60743
<b>O.I.</b>	VE16-1.IM	15			8° 09' 20,4"	63° 32' 15,3"	28,3	25,2	6,49	81,84	
	VE16-1.IF	25					28,0	25,4	6,15	93,2	
	VE16-1.CS	0	38		8° 09' 10,5"	63° 32' 10,1"	28,3	23,2	6,25	66,4	
	VE16-1.CM	16			8° 09' 12,0"	63° 32' 10,1"	28,2	23,0	6,36	116,4	
	VE16-1.CF	25					28,1	22,2	6,41	134,8	
	VE16-1.DS	0	40		8° 09' 02,8"	63° 32' 09,3"	28,2	22,2	6,37	81,2	
	VE16-1.DM	18			8° 09' 02,1"	63° 32' 08,8"	28,4	23,9	6,50	108,4	
<b>O.D.</b>	VE16-1.DF	21					29,7	22,7	6,62	83,56	

09 de Octubre

- Aforo sólido con el ADP en el Caño Mamo

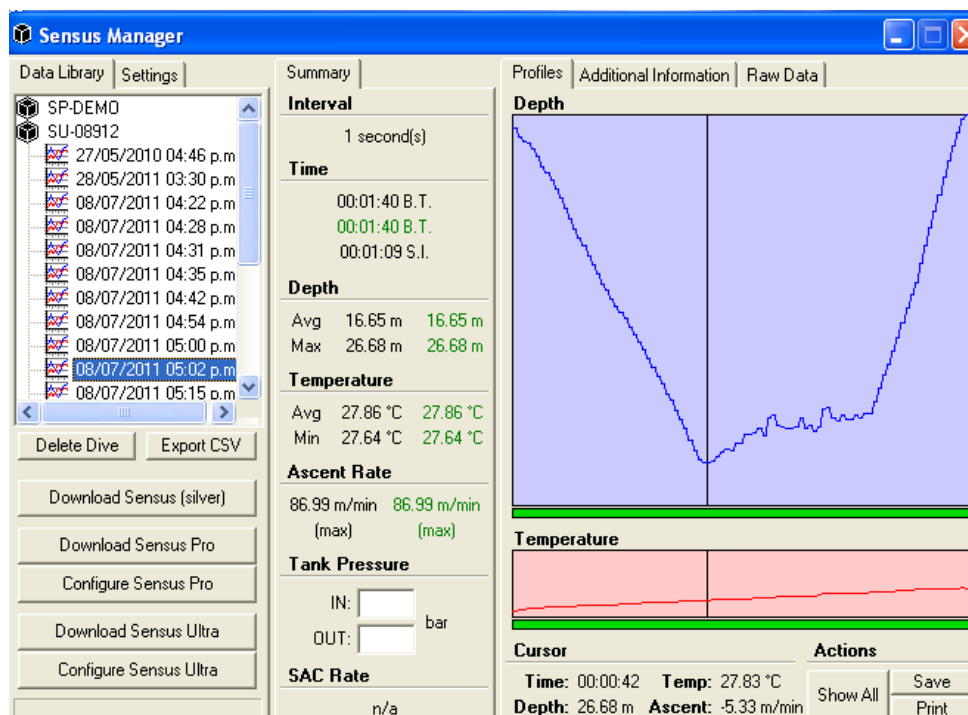


**Figura 4:** Sección de aforo en Caño Mamo (09/07/2011)

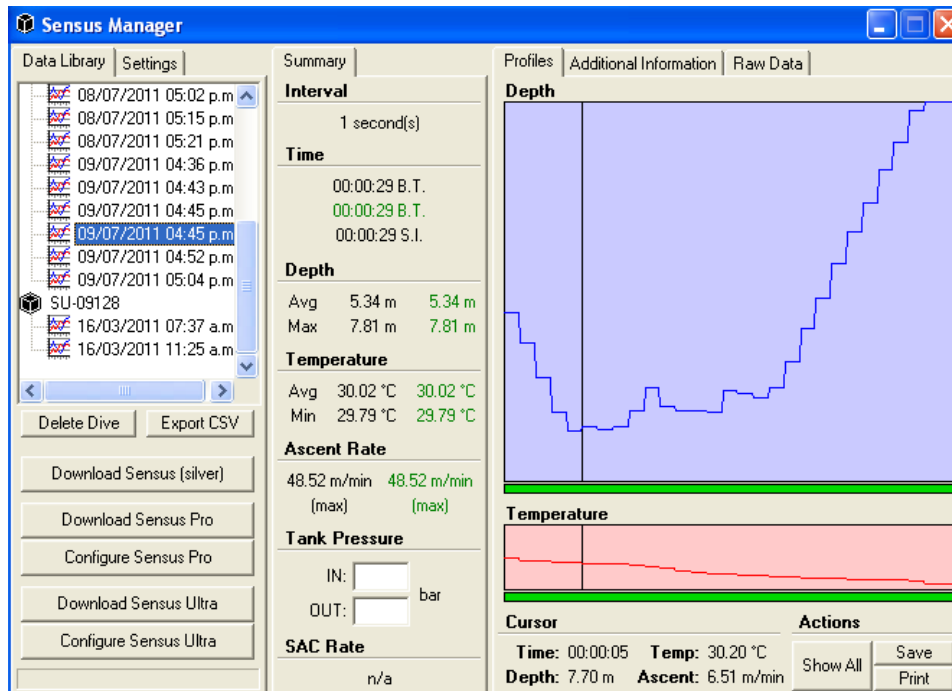
**Tabla 2: Resultados del muestreo de MES en Caño Mamo VE16 - 09/07/11**

Rio	código muestreo	Prof. (m)	prof. max. (m)	cota (m)	Lat. N.	Long. W.	t (°C)	CE (uS/cm)	pH	MES (mg/l)	Q (ADP)BT (m3/s)
Caño Mamo	VE16-2.IS	0			8° 23' 07,8"	63° 06' 40.3"	28,5	23,7	6,67	124,72	-178
O.I.	VE16-2.IM	2					28,3	23,7	6,58	133,6	
	VE16-2.IF	4					28,4	24,5	6,79	---	
	VE16-2.CS	0			8° 23' 07.4"	63° 06' 40.9"	27,8	25,0	6,53	89,16	
	VE16-2.CM	4					28,3	23,9	6,77	145,44	
	VE16-2.CF	8					28,4	23,6	6,68	150,08	
	VE16-2.DS	0			8° 23' 07.8"	63° 06' 40,3"	28,6	23,5	6,69	80,4	
↓	VE16-2.DM	1,5					28,8	24,5	6,76	73,52	
O.D.	VE16-2.DF										

Las figuras 5 y 6 muestran el descenso y ascenso del muestreador de sedimentos en las verticales VE16-1.IF y VE16-2.CF medido con la sonda de presión Sensus Ultra para ver las profundidades exactas de los muestreos en las secciones de estudio.



**Figura 5:** Descenso y ascenso del muestreador de sedimentos en la vertical central VE16-1.IF



**Figura 6:** Descenso y ascenso del muestreador de sedimentos en la vertical central VE16-2.CF

- Levantamiento batimétrico en Puente Angostura, Ciudad Bolívar



**Figura 7:** Líneas del levantamiento batimétrico en Puente Angostura Ciudad Bolívar (08/07/2011)

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Mediciones de caudales

La época de la campaña VE16 (Julio) está caracterizada por estar en aguas altas, en la cuenca del río Orinoco (Fig. 2).

La localización (orillas izquierda y derecha) de las secciones de medición fueron determinadas con geoposicionamiento por satélite (GPS).

Los resultados de las mediciones en la sección de Caño Mamo con correntímetro Doppler (ADP) de frecuencia de 1000 kHz, son resumidos 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  $> 0,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

Durante esta campaña todas las mediciones de caudales presentan un desvío  $dQ < 5\%$ .

### 5.2. Muestreo de agua y de sedimentos

Durante la campaña VE16 fueron muestreado 19 puntos (Tablas 2 y 3). En ambas secciones los parámetros físico-químicos del agua (temperatura, conductividad eléctrica) fueron medidos *in situ*.

## 6. Financiamiento de la campaña

La campaña VE16 fue financiada por el IRD (Programa ORE/HYBAM), con el apoyo técnico del personal del CIEG y del material, (vehículos, aparatos) de las instituciones siguientes IRD/CIEG/UNEG IMF/UCV.

## 7. CONCLUSIONES

Se realizaron en 4 días de campaña, 2 aforos sólidos en 2 secciones diferentes, con muestreos sedimentarios y geoquímicos, y un levantamiento batimétrico aguas abajo del puente Angostura en Ciudad Bolívar. El aforo con el ADP no se pudo realizar en la sección principal de Ciudad Bolívar, porque la profundidad del río para la fecha superaba los 40 metros que es el alcance límite para el equipo con el que contamos.

### Abreviaturas usadas en el documento:

ADP	: Acoustic Doppler Profiler
CIEG	: Centro de Investigaciones Ecológicas de Guayana
Cv	: Coeficiente de Variación
GET	: Géosciences Environnement Toulouse
HYBAM	: Hidrogeodinámica de la Cuenca Amazónica
IMF	: Instituto de Mecánica de los Fluidos
INAMEH	: INstituto NAcional de MEteorología e Hidrología
IRD	: Instituto de Investigación para el Desarrollo
MES	: Material En Suspensión
MINAMB	: Ministerio del Ambiente
ORE	: Observatorio Investigación – Medio ambiente
UCV	: Universidad Central de Venezuela
UNEG	: Universidad Nacional Experimental de Guayana

# Anexo 1

## Gráficos del aforo ADP de la campaña VE16

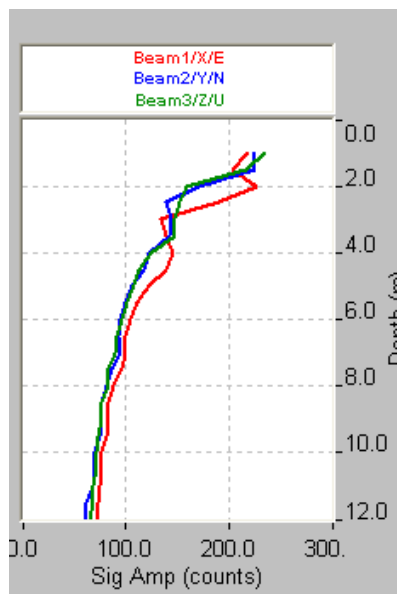
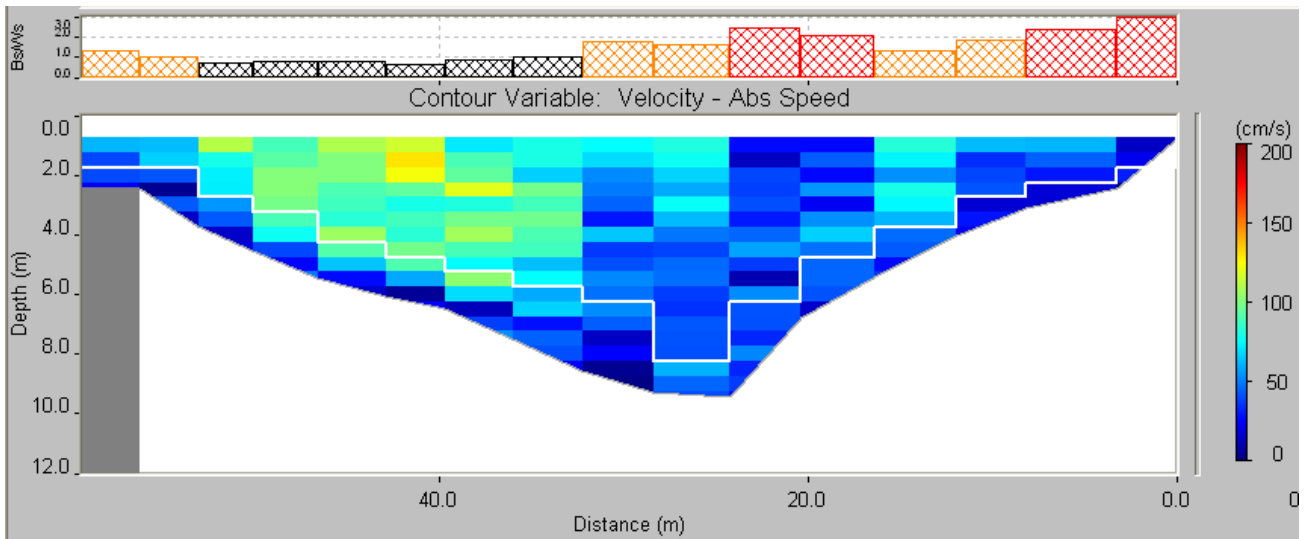
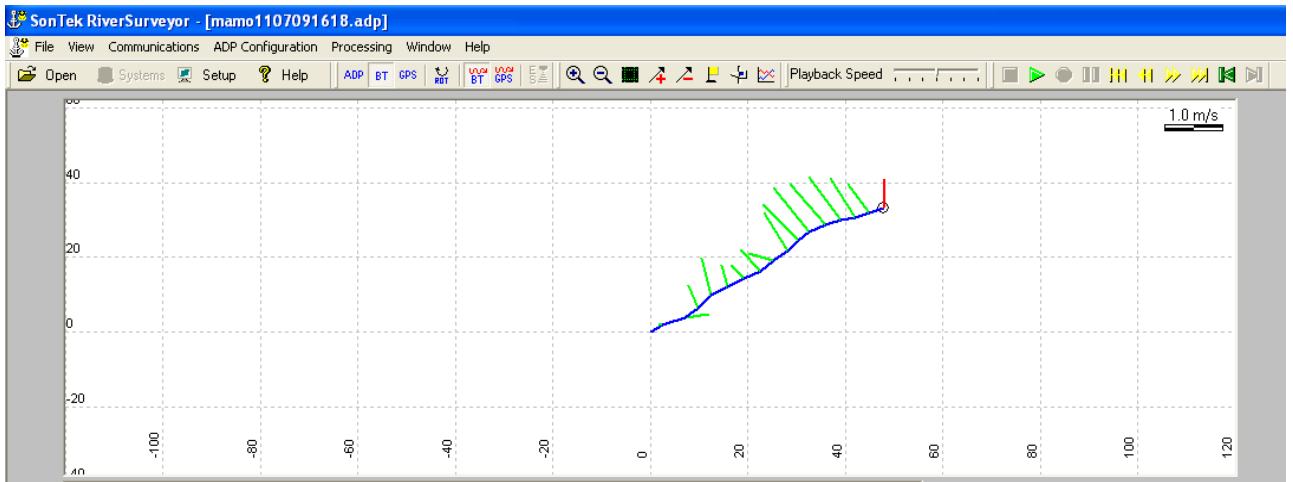
**Leyenda:**

Todos los gráficos de secciones de aforos se miran en el sentido de la corriente, o sea las orillas izquierda y derecha están respectivamente en la izquierda y derecha de los gráficos.

**Figuras:**

Campo de velocidades superficiales
Repartición de las velocidades en la sección (m/s)
Intensity del backscatter (dB)

**Viernes 09/07/11      Sección VE16 02      Estación Caño Mamo      Río Mamo      Transepta mamo1107091618**



## **Anexo 2**

<p><b>Tabla de datos del aforo ADP de la campaña VE16</b></p>
---

fecha	n° sección	lugar	rio	aforo	Cota (m)	n° transeptos	Q BT (m <sup>3</sup> /s)	CV.%	Q GPS (m <sup>3</sup> /s)	CV.%	Q (GPS-BT) (m <sup>3</sup> /s)
Viernes 15/04/11	VE16 02	Canal Mamo	Mamo	solido		5	178	4	171	4	7
	1	TOTAL		1 QS		4					

**Leyenda:**

QGPS = aforo Doppler usando el GPS como referencia espacial

QBT = aforo Doppler usando el lecho del río (Bottom Track) como referencia espacial



## **Observaciones y comentarios**

El aforo con el ADP no se pudo realizar en la sección principal de Ciudad Bolívar, por que la profundidad del rio, para la fecha superaba los 40 metros que es el alcance límite para el equipo con el que contamos.