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

18ª Campaña de aforos, muestreos de agua y sedimentos en la cuenca del río Orinoco

Caracas ⇨ Ciudad Bolívar ⇨ Puerto Ordaz

Código VE17
(01 – 10 de agosto 2012)

Foto 1: Prueba del modelo ADCP RiverRay 600 kHz de Teledyne RDI

Edición del informe

Alain Laraque IRD/LMTG - Toulouse/Francia

Bartolo Castellanos IMF - Caracas/Venezuela

Caracas – Redacción entre septiembre 2012 y julio 2013

SUMARIO

1. OBJETIVOS DE LA CAMPAÑA
2. Participantes
3. ACTIVIDADES DE CAMPO Y METODOLOGIA
3.1. Mediciones de caudales
3.2. Muestras de agua
3.3. Mediciones de parámetros físico-químicos "in situ"
3.4. Filtración de las muestras
4. DESARROLLO DE LA CAMPAÑA
4.1. Programación de la Campaña VE17
4.2 Sitios de Medición
5. RESULTADOS
5.1. Aforos sólidos
5.2. Muestreo de agua y de sedimento
6. Financiamiento de la campaña
7. CONCLUSIONES
AGRADECIMIENTOS
LÉXICO
ANEXOS

Lista de fotos:

Foto 1: Prueba del modelo ADCP RiverRay 600 kHz de Teledyne RDI
Foto 2: El ADCP RiverRay 600 kHz de Teledyne RDI montado en un Catamaran de plástico

Lista de figuras:

Figura 1: Hidrogramas (máx., min., promedio desde 1926 del río Orinoco en Cd. Bolívar y localización de la campaña VE17 (08/2012).
Figura 2 : Esquema del sector de estudio de bajo curso del rio Orinoco
Figura 3: Foto satelital de las localizaciones de las secciones de aforos líquido y sólido realizadas durante la campaña VE17-parte 1 (en el río Orinoco : 1= Pte Angostura aguas arriba; 2= Pte Angostura aguas abajo; 3= Cd Bolivar; 4= Aruacas; 5= Brazo Mamo; 6= Caño Mamo; 7= Pte II; 9= San Felix, y 8= río Caroni en el Club Nautico).
Figure 4: Zoom del sector de la Isla Mamo con los brazos o canales izquierdo y derecho del rio Orinoco y con el caño Mamo.

Figure 5: Zoom de la localización de la secciones de aforos líquido y sólido en el Club Nautico del río Caroní, realizado el 09/08/2012.

Lista de anexos:
Anexo 1: Gráficos de los aforos ADCP
Anexo 2: Datos de los aforos ADCP
Anexo 3: Datos de aforos de MES

****

1. Objetivos de la campaña

Este trabajo se realizó en el marco de los proyectos complementarios y asociados ORE/HYBAM/Orinoco y Corredor Orinoco. Estos proyectos estudian los flujos hidrosedimentaríos y geoquímicos a lo largo del bajo curso del río Orinoco (entre Musinacio, Ciudad Bolívar y Ciudad Guayana) y los intercambios con las planicies de inundación (fig. 4).

En este ámbito y a propósito se hizo esta campaña, en pleno pico de la crecida anual del río Orinoco, con principal objectivo de realizar los primeros aforos líquidos con efecto Doppler usando el equipo RiverRay de TRDIE en varios lugares del rio Orinoco.

Un aforo sólido se hizo en el rio Caroni al nivel del Club Nautico. Se termino la campaña VE17 con los muestreos mensuales del ORE-HYBAM del 10 de agosto en Ciudad Bolivar, Caño Mamo, Puente II, para poder contribuir al estudio de los balances de los flujos líquidos y sólidos transitando en la parte baja del río Orinoco, bajo la influencia de las planicies de inundación.

Otros objetivos complementarios de la campaña fueron:

-continuar el monitoreo de la estación de referencia (Ciudad Bolívar) del proyecto ORE/HYBAM/Orinoco,

La campaña requirió de 10 días de trabajo, donde se realizaron 17 aforos con efecto Doppler en 9 secciones diferentes y 3 rios, 1 muestreo de MES en el Caroni en la sección del Club Nautico y el 10 de julio se realizo los muestreos sedimentarios en las 3 estaciones del proyecto ORE-Hybam (en la principal de Ciudad Bolivar – con muestreo geoquímico -, y en las segundarias de Caño Mamo y Puente II).

2. Participantes

En el trabajo de campo participaron 4 personas, a continuación se mencionan por orden alfabético de sus instituciones:

- IRD /GET - (Francia) Alain Laraque
- IMF/UCV - (Venezuela) Bartolo Castellanos
- CIEG/UNEG - (Venezuela) Jesús Pérez

3. Actividades de campo y metodologia

3.1. Medición de caudales

Se utilizó el nuevo modelo ADCP RiverRay 600 kHz de Teledyne RDI, acoplado a un GPS (GPSmap 60CSx GARMIN) y se usó un soporte flotante de tipo catamaran de plástico.

Foto 2: El ADCP RiverRay 600 kHz de Teledyne RDI montado en un Catamaran de plástico

La metodología adoptada consiste en calcular la media aritmética de 4 aforos con el efecto Doppler (es decir durante dos recorridos de ida y vuelta entre las orillas) en la misma sección. La medición es considerada "buena" con un desvio dQ < 5%.

Sin embargo, durante esta primera campaña "Doppler" y sobre todo en funcion del tiempo disponible, no se pudieron realizar siempre los 4 aforos líquidos (que de hecho varian de 1 a 4 – An. 2) en funcion de la seccion estudiada.

Dos tipos de valores de caudales son entregados por el equipo Doppler :

-los caudales BT (Bottom Track) cuando el aparato toma como referencia el fondo del río y,

-los caudales GGA (usando el GPS) cuando el aparato toma como referencia de posicionamiento, los satelites.

Para cada seccion de aforo estudiada, y para cada uno de los dos tipos de caudales medidos, la tabla del anexo 2 presenta los promedios de las varias mediciones (transectas) realizadas.

El desvio dQ coresponde a :

dQ (%) = DESVIACION ESTANDAR (Q) / MEDIA (Q) x 100

Para cada sección de medición de caudal, en las figuras del Anexo 1 se presentan 4 gráficos que corresponden respectivamente a:

1. las trayectoras "Ship track" GGA (dados por el satelitte) & BT (Bottom Track) usando el fondo del río. Las dos trayectorias no se superponen cuando existe fondo móvil,
2. la trayectoria del barco (línea roja) y las velocidades superficiales en las primeras celdas (líneas azules).
3. la reparticion espacial de las velocidades del ADCP en cada sección de medicion,
4. la reparticion espacial de las intensidades del *"bacscatter"* del ADCP en cada sección de medicion.

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 una distancia de 25%, 50% y 75% del ancho de 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 de parámetros físico-químicos "in situ" y metodologia

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

- Conductímetro WTW LF 318 (Ap = +/- 0.1 µS.cm^{-1} a 25 °C)
- pH metro WTW PH 320 (Ap = +/- 0.01)

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

- GPSmap 60CSx GARMIN (Ap = +/- 3 m) usando el Sistema 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), ligada a una bomba de vacío, con filtros de acetato de celulosa de 0.45µm de porosidad.

4. Desarrollo de la campaña

La Figure 1 muestra su ubicación en plena crecida durante el ciclo hidrológico del río Orinoco.

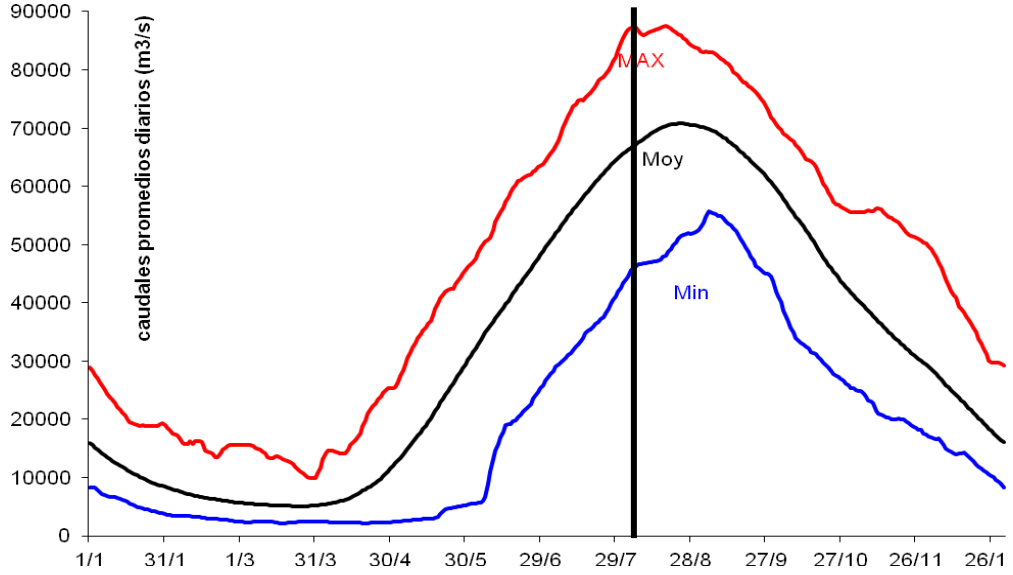


Figura 1: Hidrogramas (máx., min., promedio desde 1926 del río Orinoco en Cd. Bolívar y localización de la campaña VE17 (08/2012).

4.1. Programación de la Campaña VE17

Miercoles 01 agosto	**Viernes 03 agosto**
Preparacion del carro + equipo en el IMF Viaje de CCS → Ciudad Bolivar con el carro del IMF Noche en Ciudad Bolivar	**Aforos** del rio **Orinoco :** **-**aguas arriba y aguas abajo del **Puente Angostura** -en la seccion de **Ciudad Bolivar** frente al club nautico. Noche en Pto Ordaz
Jueves 02 agosto	**Sabado 04 agosto**
Prueba del RiverRay en la piscina del Hotel Las Cumbres (Foto 1) Viaje de carro de Ciudad Bolivar → Pto Ordaz En el CIEG : Preparacion salida de campo Noche en Pto Ordaz	En el CIEG : filtraciones de los muestreos y tratamiento de los datos de campo. Noche en Pto Ordaz
Domingo 05 agosto *:* descanso Noche en Pto Ordaz	

Lunes 06 de agosto	**Miercoles 08 de agosto**
Varios Noche en Pto Ordaz	Lab CIEG : filtraciones de los muestreos y arreglos varios Noche en Pto Ordaz
Martes 07 de agosto	**Jueves 09 de agosto**
Aforos del rio Orinoco en : **-Aruacas** **-brazo Mamo** **-caño Mamo** **-Pte 2** Noche en Pto Ordaz	**Aforos del rio Caroni frente al club nautico** **Aforos del rio Orinoco en San Felix** Noche en Pto Ordaz
Viernes 10 de agosto →	Muestreo mensual ORE-HYBAM en Cd Bolivar, Caño Mamo, Pte II

4.2 Sitios de Medición

En total se realizaron aforos de caudal líquido y sólido en 9 sitios diferentes del bajo curso del río Orinoco y del Caroni indicados en las imágenes de las Figuras 2 a 5.

Figura 2 : Esquema del sector de estudio de bajo curso del rio Orinoco entre Musinacio y Ciudad Guayana, pasando por Ciudad Bolivar (puntos rojos)

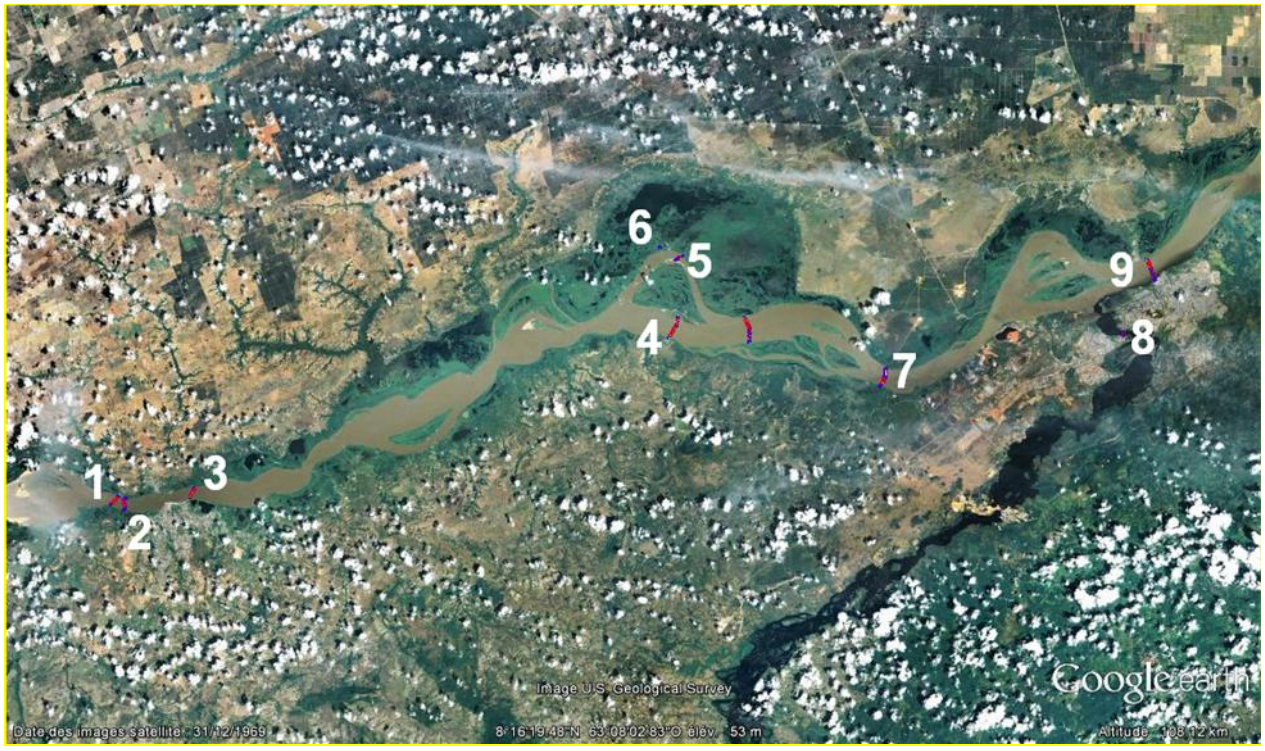


Figura 3: Foto satelital de las localizaciones de las secciones de aforos líquido y sólido realizadas durante la campaña VE17-parte 1 (en el río Orinoco : 1= Pte Angostura aguas arriba; 2= Pte Angostura aguas abajo; 3= Cd Bolivar; 4= Aruacas; 5= Brazo Mamo; 6= Caño Mamo; 7= Pte II; 9= San Felix, y 8= río Caroni en el Club Nautico).

Figure 4: Zoom del sector de la Isla Mamo con los brazos o canales izquierdo y derecho del rio Orinoco y con el caño Mamo. La flecha blanca indica el sentido de la corriente.

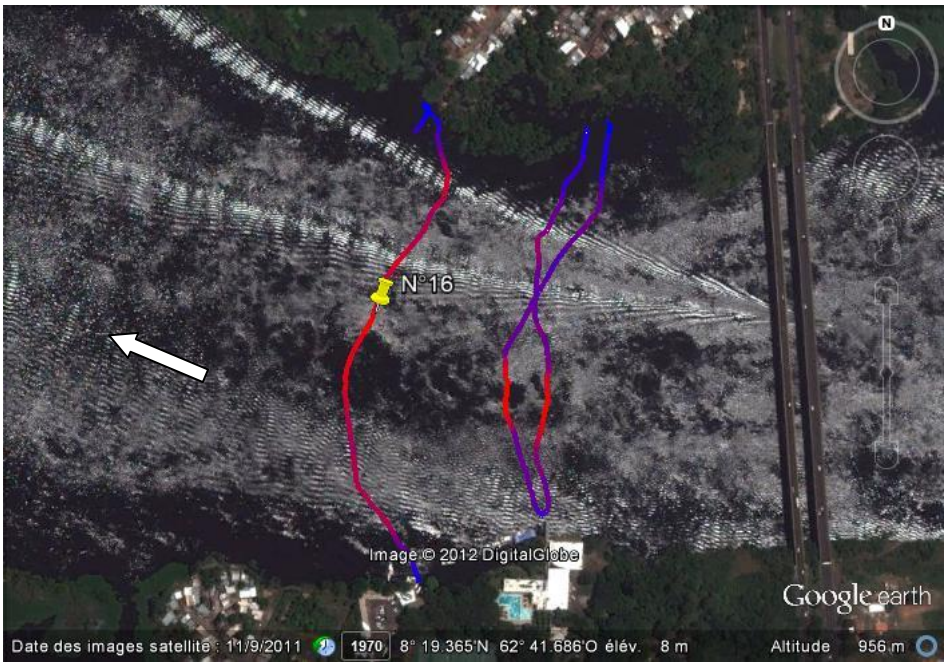


Figure 5: Zoom de la localización de la secciones de aforos líquido y sólido en el Club Nautico del río Caroní, realizado el 09/08/2012. El punto16 es el del muestreo superficial en el centro de la seccion. La flecha indica el sentido de la corriente.

5. Resultados

5.1. Mediciones de caudales

La época de la campaña VE17 (agosto) coincidió con el pico de la crecida anual del río Orinoco (Fig. 1).

La localización (orillas izquierda y derecha) de las secciones de medición fueron determinadas con geoposicionamento por satélite (GPS). El Anexo 1 presenta los aforos Doppler.

Los resultados de esta primera campaña "Doppler" estan en el Anexo 2 y permiten completar o verificar las curvas de gasto de las estaciones estudiadas.

5.2. Muestreo de agua y de sedimentos

Durante la campaña VE17-parte 1, se hizo 4 muestreos superficiales con filtraciones de MES en 4 secciones : Caroni en el Club Nautico, Orinoco en Ciudad Bolivar y Puente II, Caño Mamo (Ver An. 3).

Los parámetros físico-químicos del agua (temperatura, condutividad eléctrica) fueron medidos in situ y en el laboratorio de la UNEG.

6. Financiamiento de la campaña

La campaña VE17-parte 1, fue financiada en parte por el programa ORE/HYBAM/Orinoco, con el apoyo técnico del personal y del material (vehículos, barco, aparatos) del CIEG de la UNEG, del IMF de la UCV, del GET/IRD.

7. Conclusiones

Se realizaron en 10 días de campaña, y en 3 rios diferentes, aforos Doppler en 9 secciones (totalizando 17 transectas) y 4 muestreos superficiales con filtraciones de MES en 4 secciones (Caroni en el Club Nautico, Orinoco en Ciudad Bolivar y Puente II, Caño Mamo). El muestreo de Ciudad Bolivar fue hecho también para las determinaciones de los elementos disueltos maiores, traços y de carbono.

Agradecimientos :

Se agradece la colaboración de todos los participantes y de sus Instituciones como IRD, UCV, UNEG y de los proyectos cientificos ORE-Hybam/Orinoco y Corredor Orinoco.

Abreviaciones usadas en el documento:

ADCP : Acoustic Doppler Current Profiler
CIEG : Centro de Investigaciones Ecológicas de Guayana
COV : Coeficiente de variación estándar
HYBAM : Hidrogeodinámica de la Cuenca Amazónica
IMF : Instituto de Mecánica de los Fluidos
INAMEH : Instituto Nacional de Meteorología e Hidrologia
IRD : Instituto de Investigación para el Desarrollo
MES : Material en Suspensión
MINAMB : Ministerio del Ambiente
ORE : Observatorio Investigación – Medio ambiente (www.ore-hybam.org)
PCP : Proyecto de Cooperación de Postgraduados
SHN : Servicio Hidrológico Nacional
UCV : Universidad Central de Venezuela
UNEG : Universidad Nacional Experimental de Guayana

TRDIE : Teledyne RDInstrument Europe
SU : Sensus Ultra (Sensor de presión)

Anexo 1

Graficos de los aforos con el RiverRay

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.

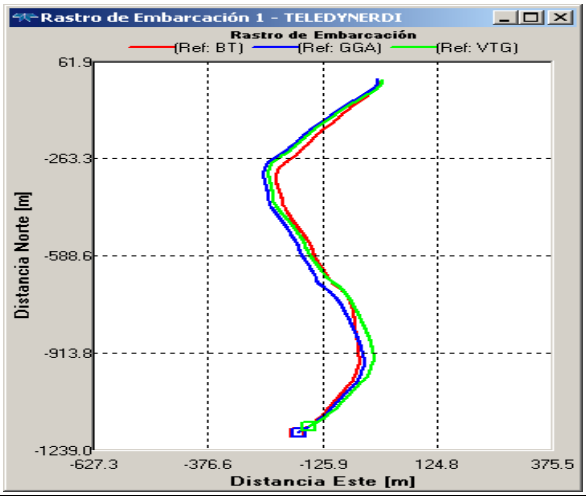
figuras:

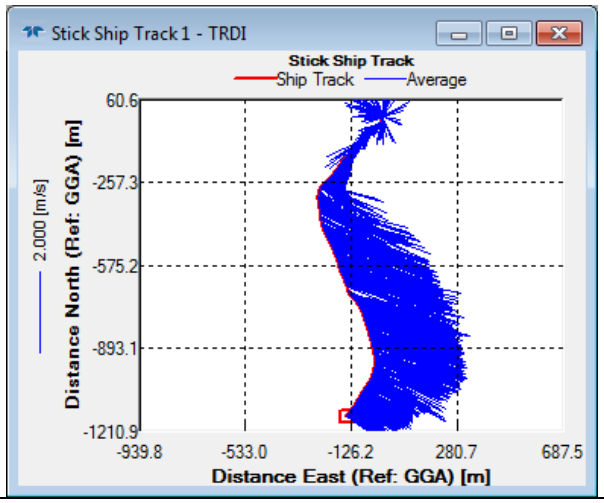
1-Ship track GGA & BT	2-Campo de velocidades superficiales
3-Reparticion de las velocidades en la sección (en m/s)	
4-Reparticion de la Intensity del backscatter (en dB)	

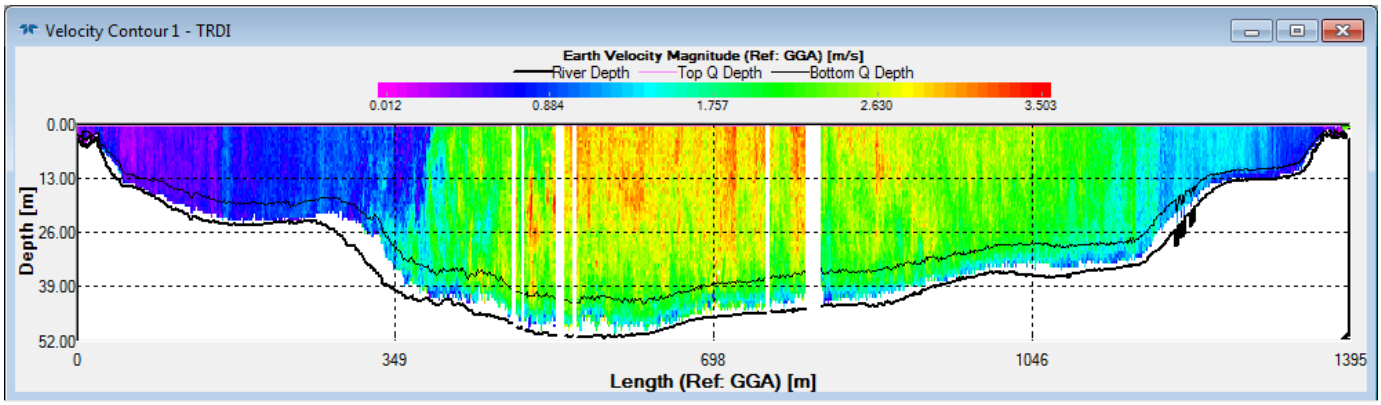
GGA = aforo Doppler usando el GPS como referencia espacial

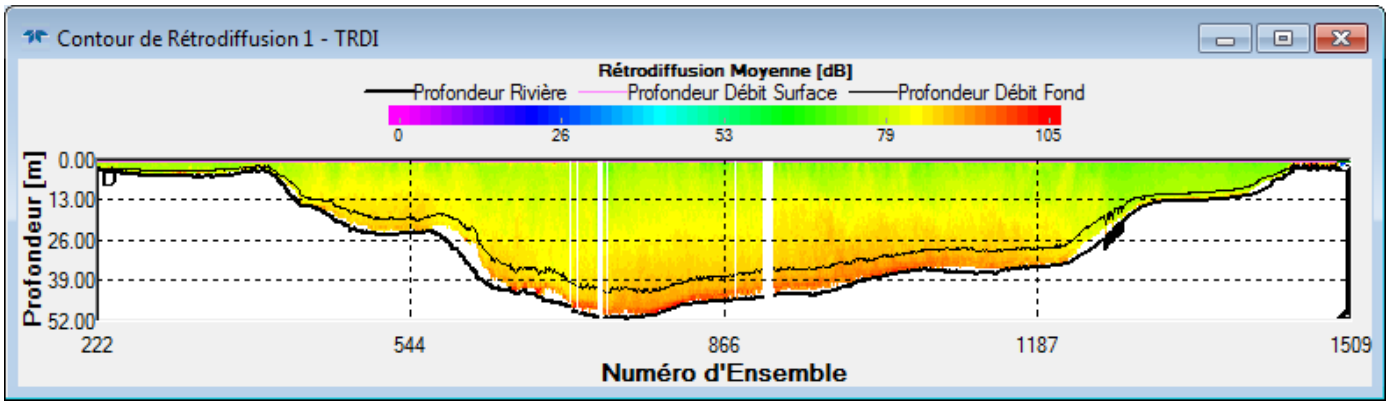
BT = Bottom Track (= aforo Doppler usando el lecho del río como referencia espacial)

viernes 03/08/12	Sección VE17 01	Estación Pte Angostura	Río Orinoco	Transecta 0

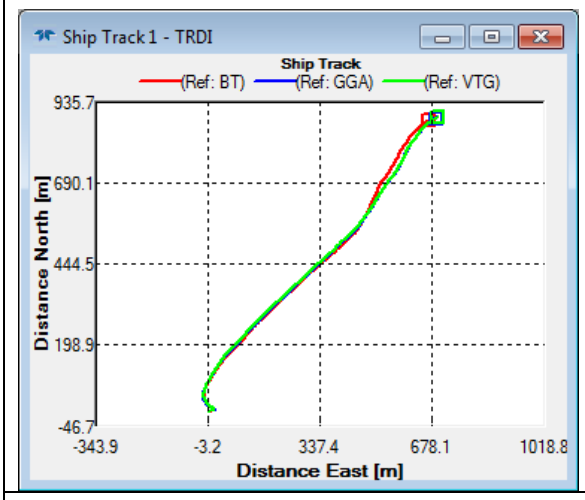


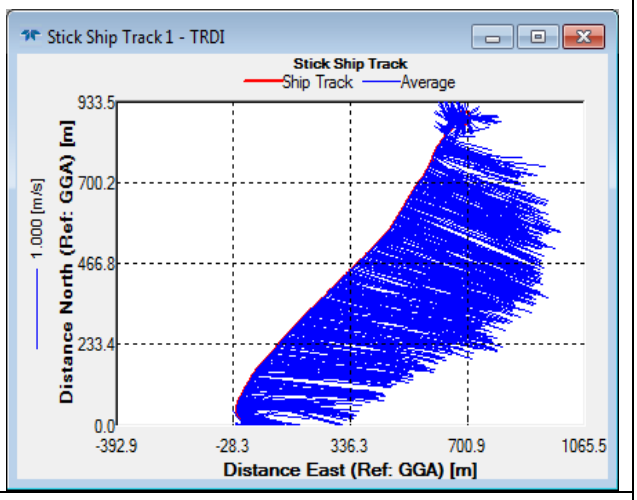


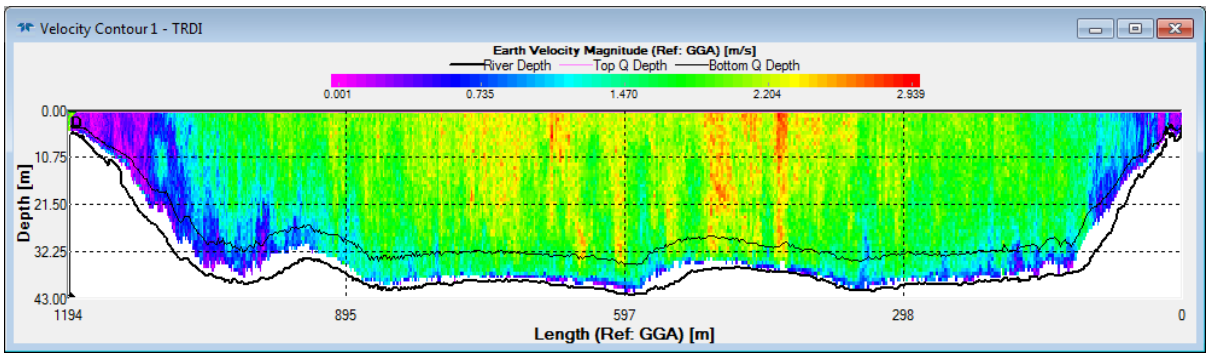


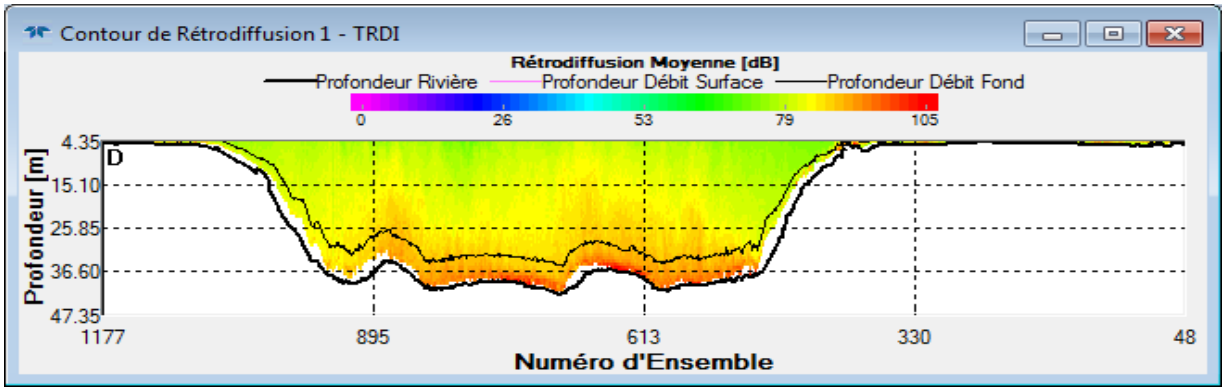


viernes 03/08/12	Sección VE17 02	Estación Pte Angostura	Río Orinoco	Transecta D

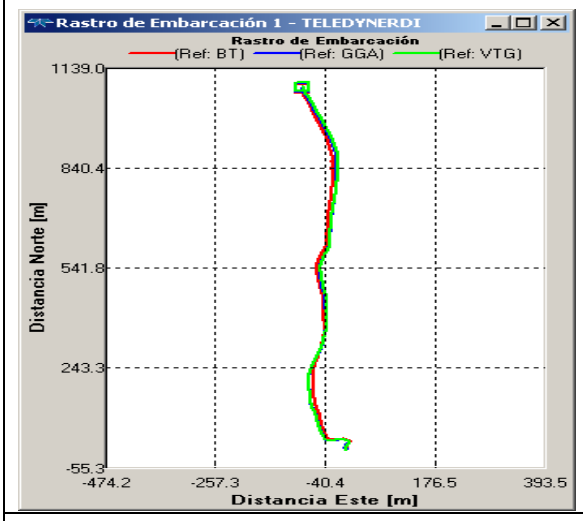


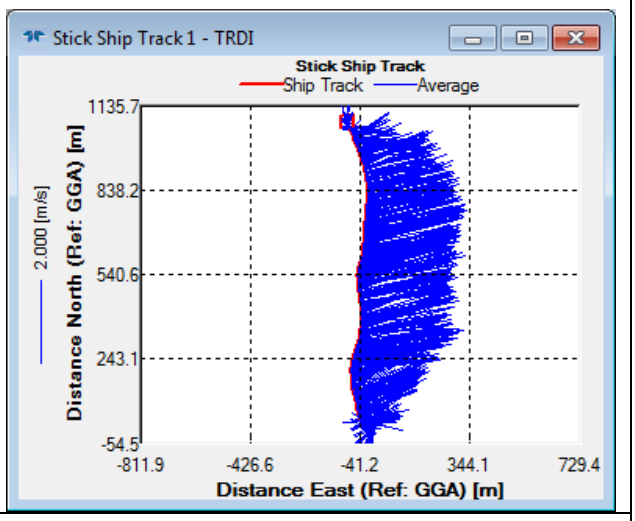


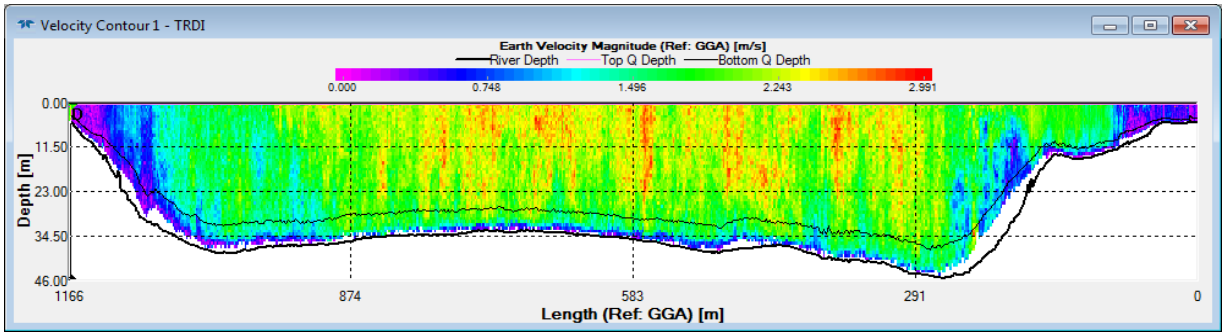


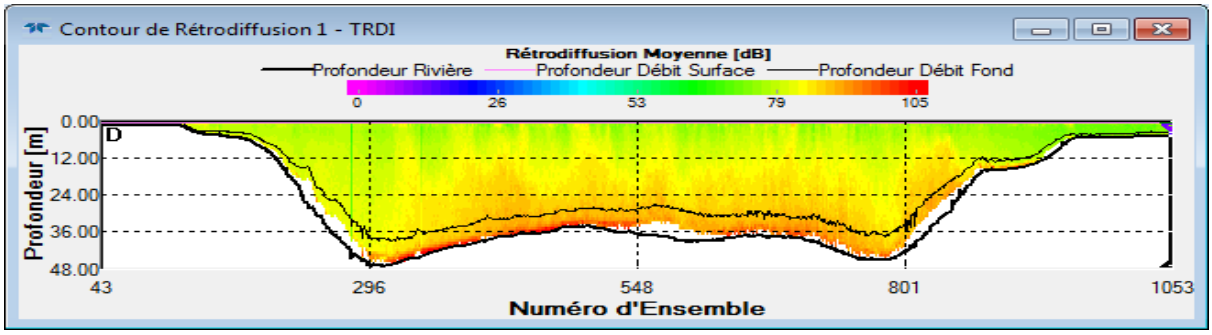


viernes 03/08/12	Sección VE17 03	Estación Cd Bolivar	Río Orinoco	Transecta 0	Cota 15,64

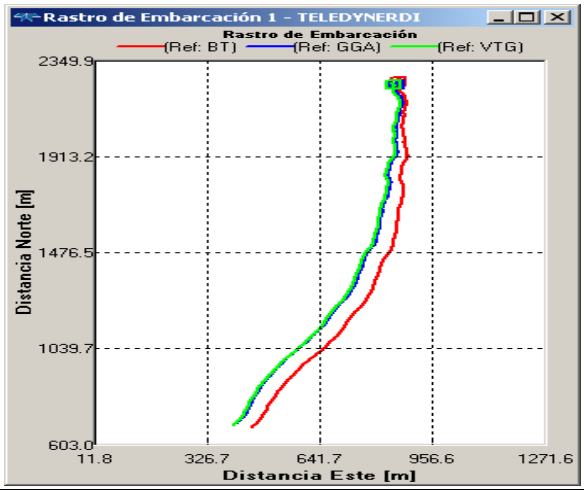


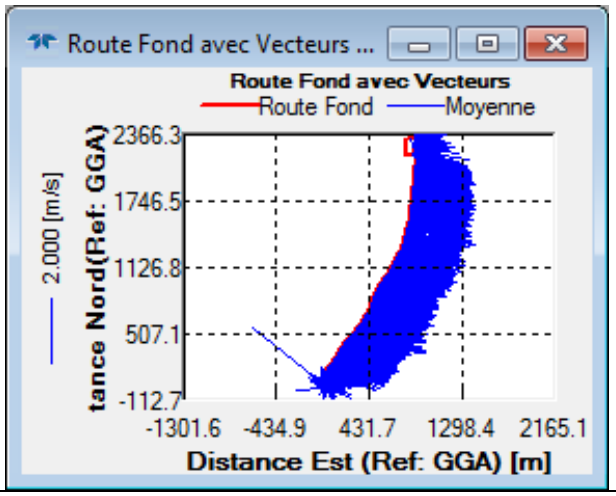


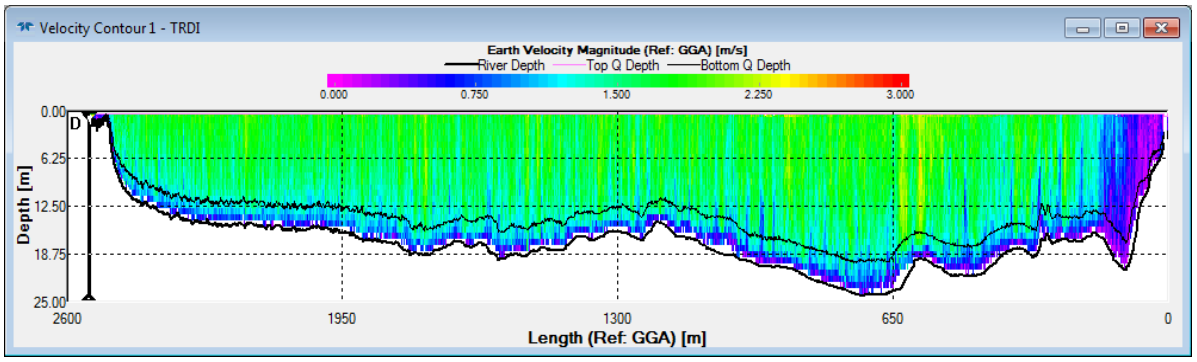


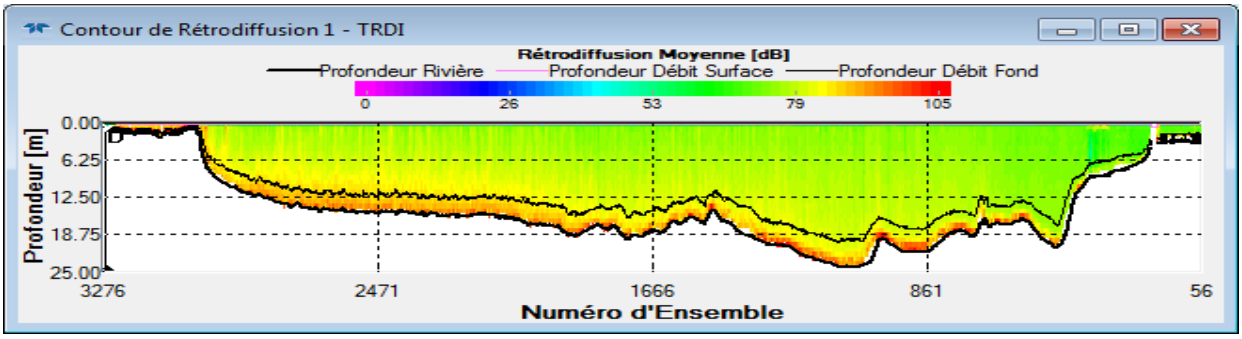


Martes 07/08/12	Sección VE17 04	Estación Arhuacas	Río Orinoco	Transecta 0

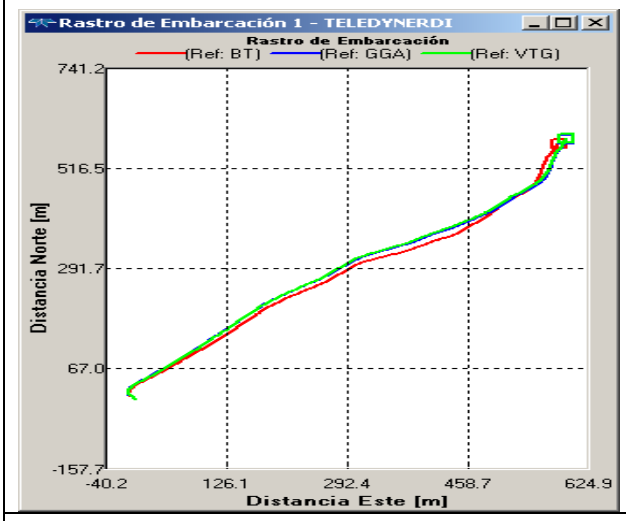


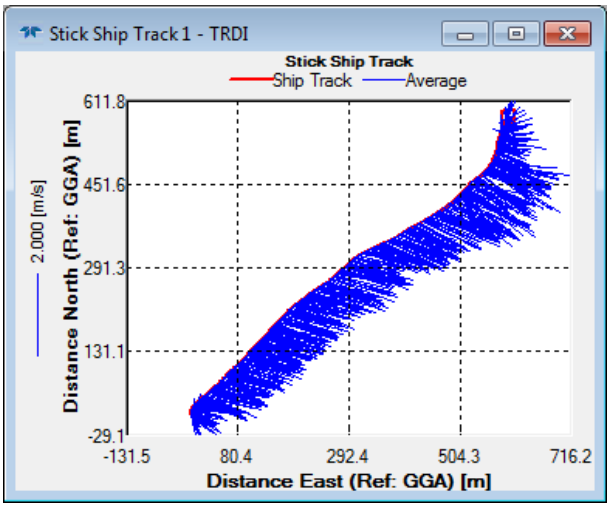


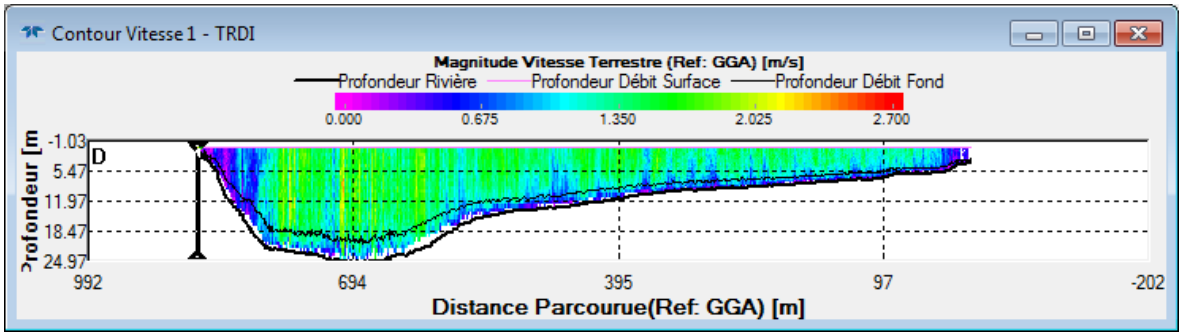


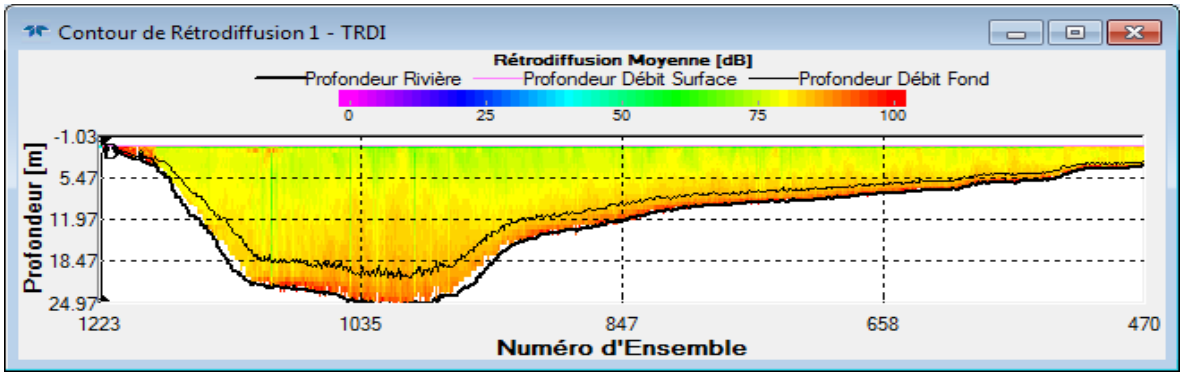


Martes 07/08/12	Sección VE17 05	Estación Isla Mamo	Río Brazo Orinoco	Transecta 0



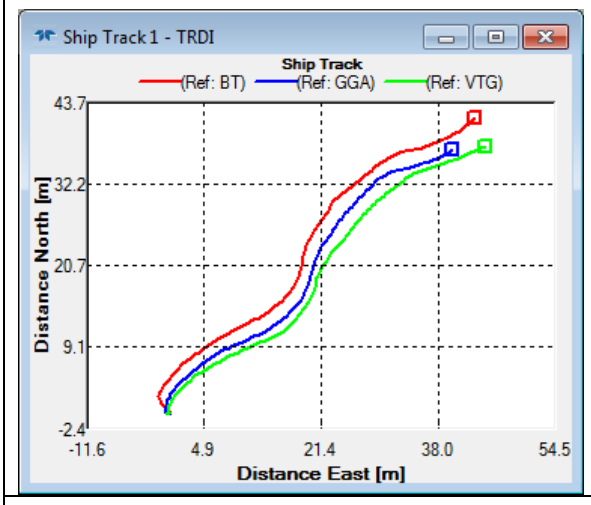


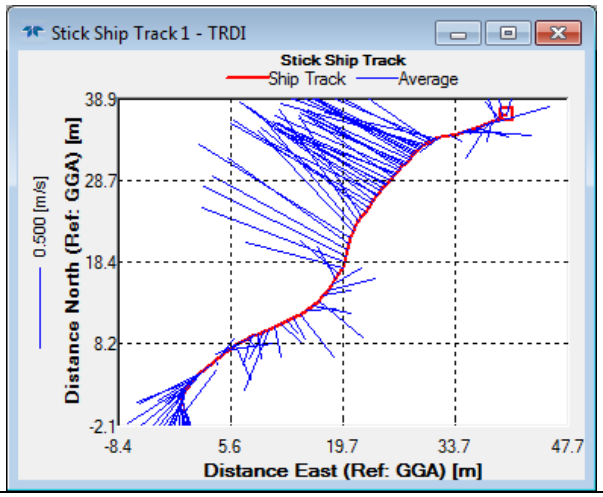


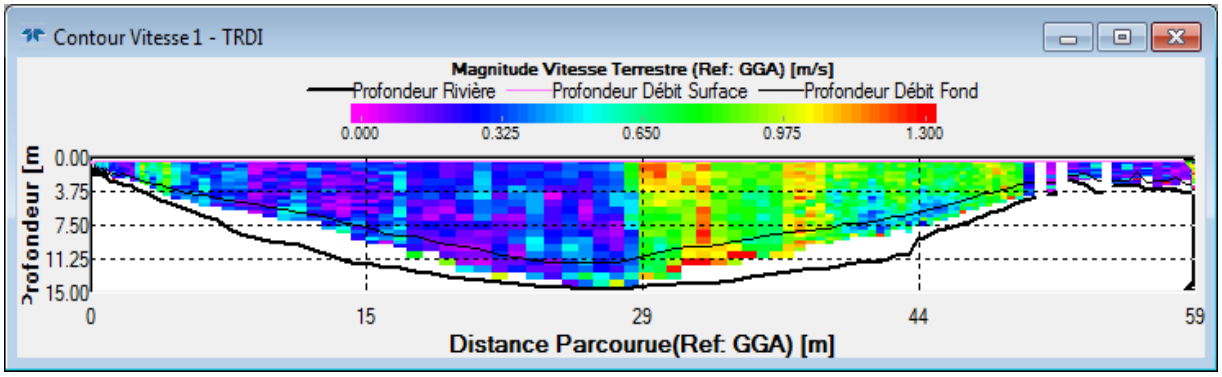


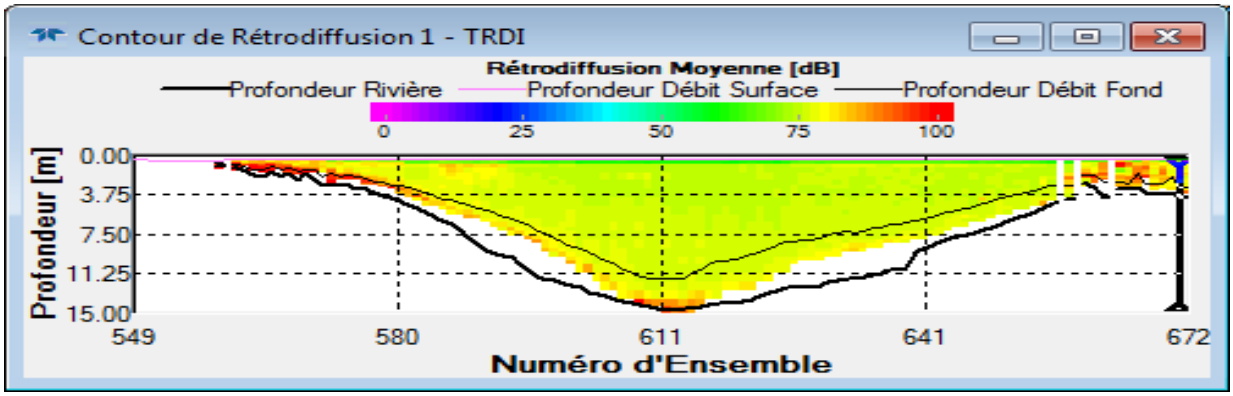
martes 07/08/12	Sección VE17 06	Estación Caño Mamo	Río Orinoco	Transecta 3

Sentido del agua hacia la laguna Mamo

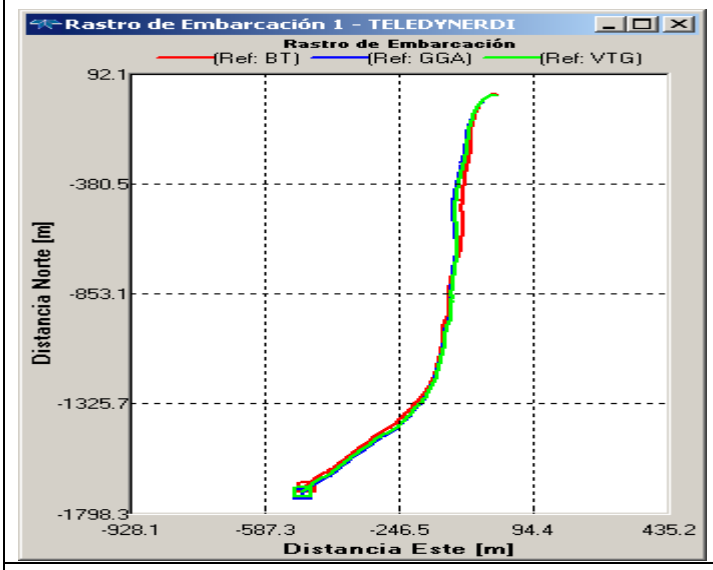


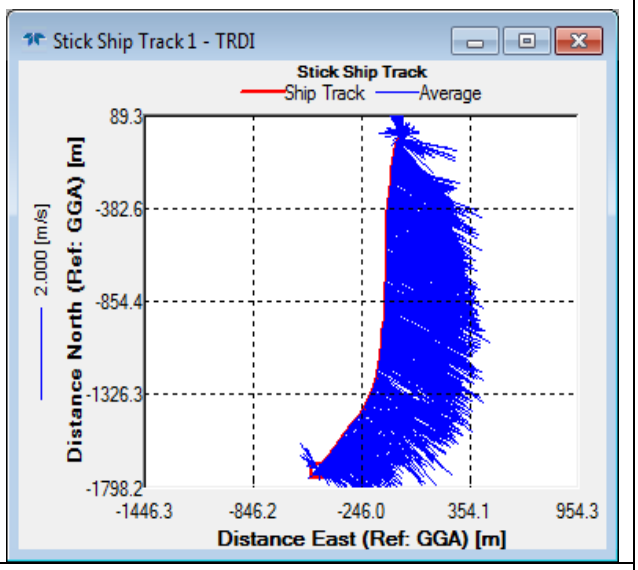


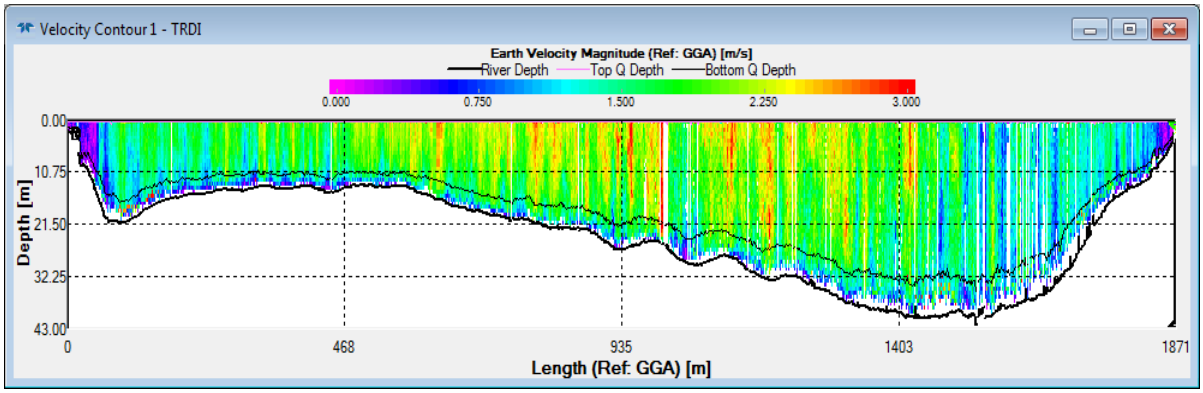


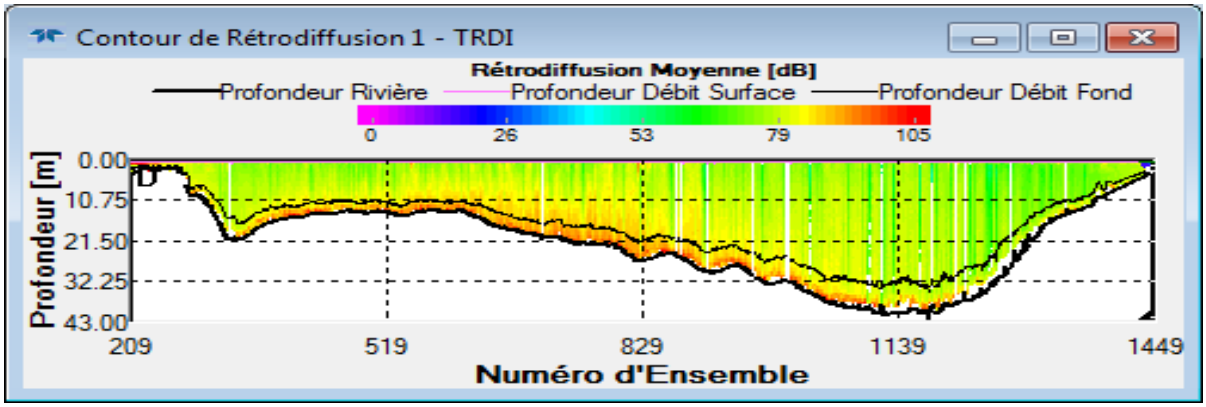


Martes 07/08/12	Sección VE17 07	Estación Pte 2	Río Orinoco	Transecta 0

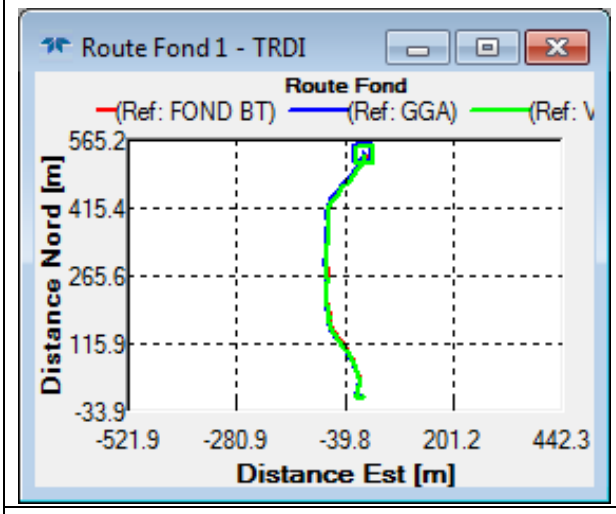


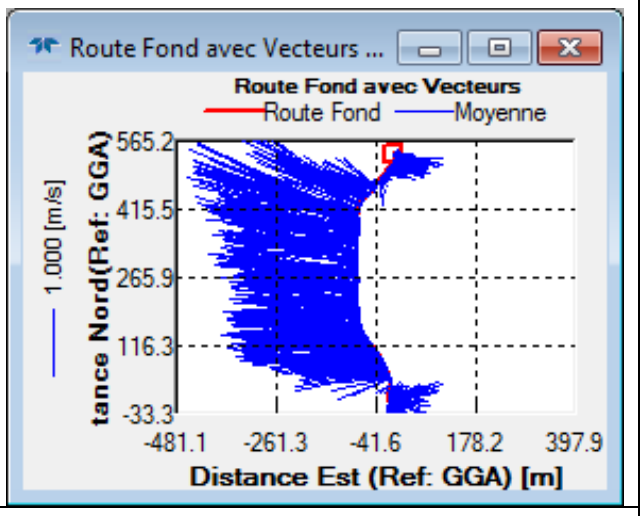


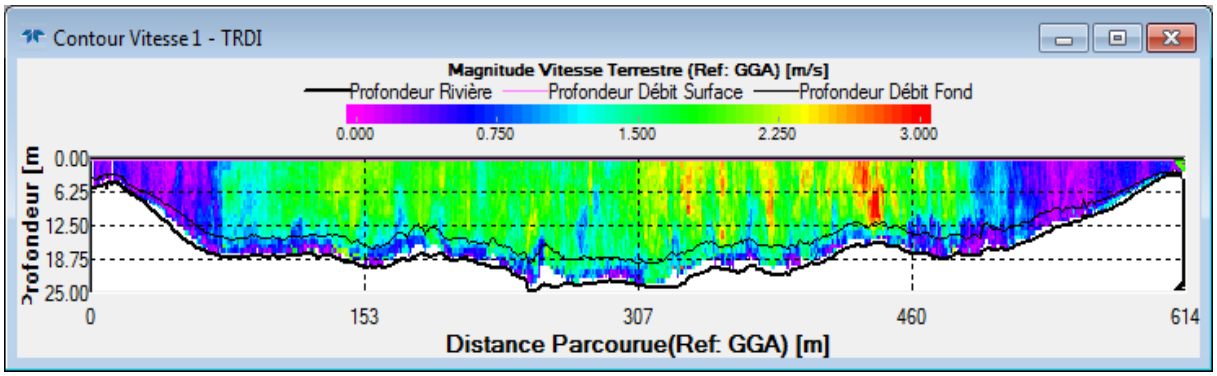


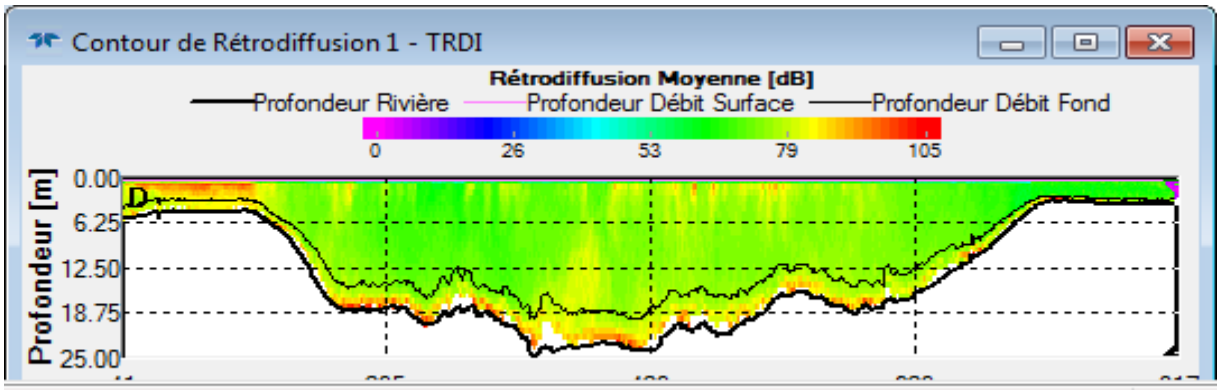


Jueves 09/08/12	Sección VE17 08	Estación Club Nautico	Caroni Caudal: 13 290 $m^3.s^{-1}$	Transecta 0

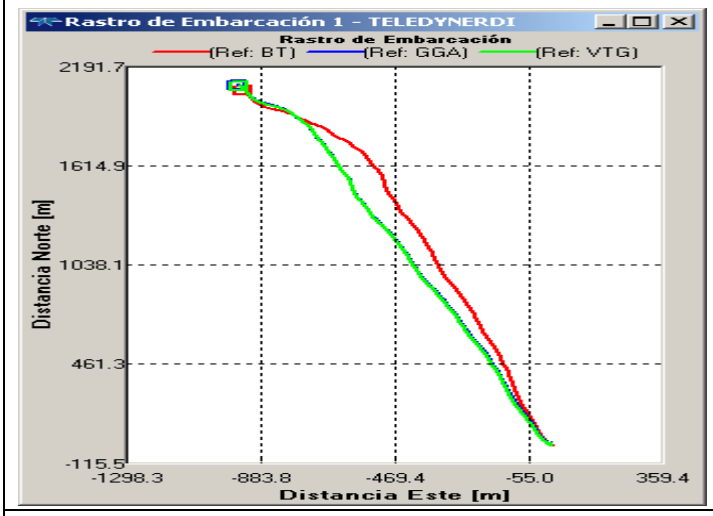


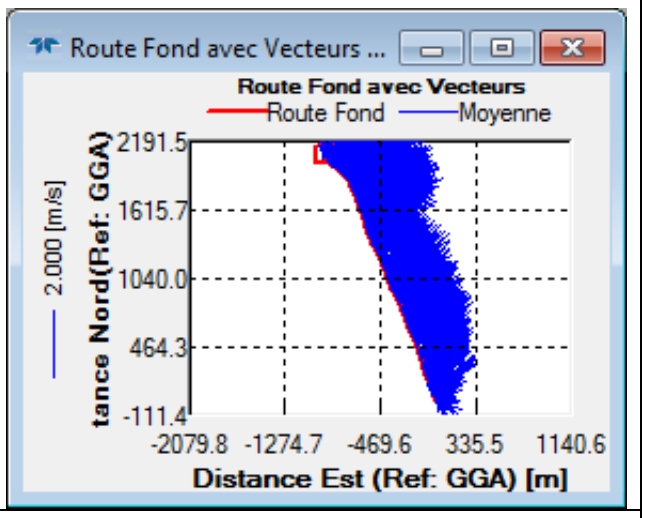


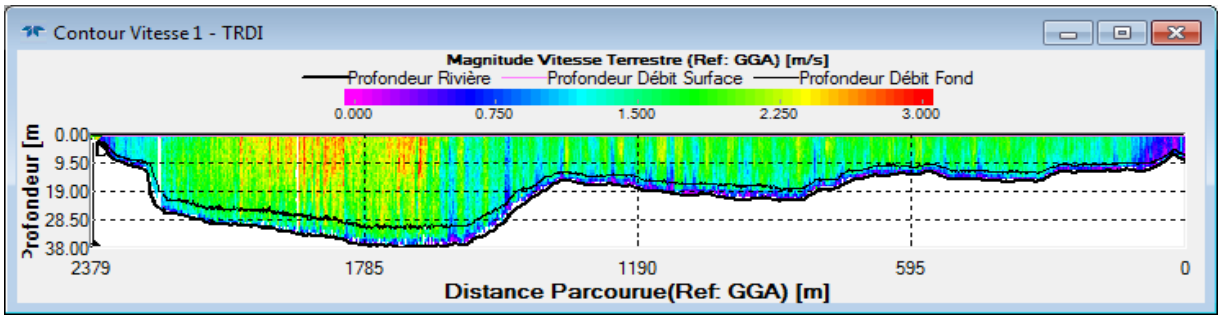


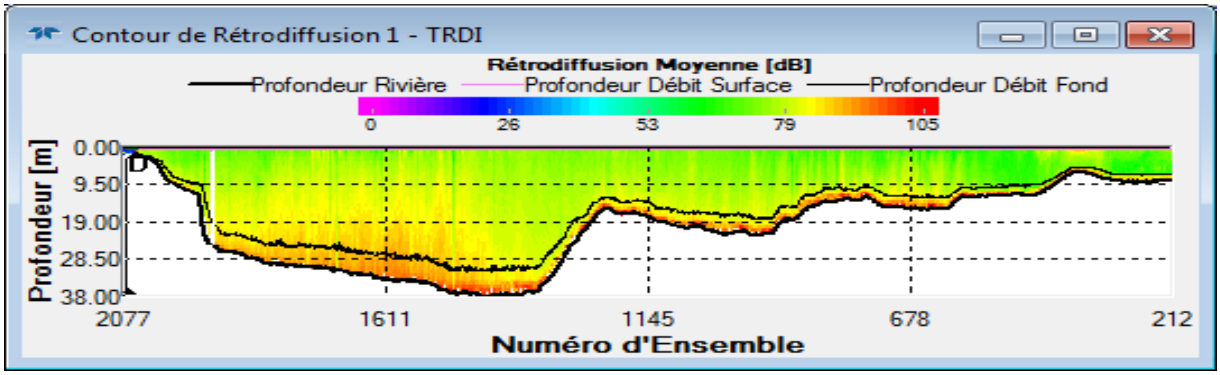


Jueves 09/08/12	Sección VE17 09	Estación San Felix	Orinoco Caudal: 77 600 $m^3.s^{-1}$	Transecta 0









Anexo 2

Datos de los aforos ADCP

Tabla 2.1: Descripción detallada de los aforos realizados con el equipo RiverRay de TRDIE.

Fecha	Seccion	Lugar	Río	Aforo (Líquido / Sólido)	Margen Izquierda		Margen Derecha		cota	# transectas	Q BT	COV.	Q GGA	COV.	Q (GGA-BT)
					Latitud (N)	Longitud (O)	Latitud (N)	Longitud (O)	m		(m3/s)		(m3/s)		(m3/s)
03//08/12	**VE17 01**	Angostura	Orinoco	L.	8°8.933300	63°35.417800	8°8.294000	63°35.516101		1	57514	-	58642	-	1128
03/08/12	**VE17 02**	Angostura	Orinoco	L.	8°8.995400	63°35.845100	8°8.514100	63°36.218601		1	58067	-	59476	-	1409
03/08/12	**VE17 03**	CD Bolivar	Orinoco	A.L y S.	8°9.509400	63°32.239101	8°8.983400	63°31.930999	15.9	2	59169	2	60026	2	857
07/08/12	**VE17 04**	Arhuacas	Orinoco	A.L.	8°19.606001	63°5.770200	8°18.389099	63°6.235100		1	51698	-	51328	-	-370
07/08/12	**VE17 05**	Isla Mamo	Brazo Orinoco	A.L.	8°22.862499	63°5.649200	8°22.547501	63°5.973999		1	10592	-	11127	-	535
07/08/12	**VE17 06**	Caño Mamo	Caño Mamo	A.L y S.	8°23.223801	63°6.885600	8°23.244200	63°6.863499		3	177	2	172	15	-5
07/08/12	**VE17 07**	Puente 2	Orinoco	A.L y S.	8°17.103399	62°54.440898	8°16.173000	62°54.705600	16.3	2	60779	1	61182	1	403
09/08/12	**VE17 08**	Club Nautico	Caroni	A.L y S.	8°19.215300	62°41.717201	8°19.508499	62°41.717498		4	13062	2	13284	3	222
09/08/12	**VE17 09**	St Felix	Orinoco	A.L.	8°23.376100	62°40.450401	8°22.245899	62°39.930198		2	71160	3	72753	3	1593
TOTALES		**9**	**3**							**17**					

Anexo 3

Datos de muestreo de MES

	sitio	rio	Fecha	MES mg/l
V17-8	Club Nautico	Caroni	09/0812	4.8
V17-9A	Ciudad Bolívar	Orinoco	10/08/12	85*
V17-9B	> boca	Caño Mamo	10/08/12	39.4
V17-9C	Pte II	Orinoco	10/08/12	35.8

Nota : * = valor estraña