Informe del primer estudio del impacto de la marea sobre el estuario del Río Guayas (9 Mayo de 2002)

Comisión Mixta

(INOCAR – INAMHI – IRD)

Foto 1: Embarcación de estudios del INOCAR

Alain Laraque, Catalina Cerón
Philippe Magat, Rodrigo Pombosa

Nelson Salazar
Director Ejecutivo del INAMHI

Milton Silva
Director de Hidrología del INAMHI

Rodrigo Pombosa
Coordinador INAMHI del Proyecto HYBAM/Ecuador

CPCB-UN Humberto Gómez
Jefe de Hidrografía – INOCAR

TNFG-SU Edwin Pinto
Jefe de Medio Ambiente - INOCAR

Miriam Lucero
Oceanografía - INOCAR

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	IRD – Quito
Catalina Cerón	EPN - Quito
Patricia Arreaga	INOCAR - Guayaquil
Philippe Magat	IRD - Quito
Rodrigo Pombosa	INAMHI – Quito

Publicación HYBAM – código E22
Quito - febrero 2003

SUMARIO

1. OBJETIVOS DE LA COMISIÓN

2. PARTICIPANTES

2.1. Participantes IRD-INAMHI.
2.2. Participantes INOCAR

3. ACTIVIDADES DE CAMPO

3.1. Medición de caudales.
3.2. Muestreo de agua y sedimento.
3.3. Medición “in situ”de parámetros físico-químicos del agua.
3.4. Filtración de las muestras.

4. DESARROLLO DE LA COMISIÓN

5. RESULTADOS
5.1. Mediciones de caudales con el ADCP.
5.2. Muestreos de agua y sedimento.
5.3. Análisis del impacto de la marea sobre la descarga del Río Guayas.
5.3.1. Análisis de los gráficos ADCP (An. 1).
5.4. Análisis e interpretaciones de los datos físico-químicos.
5.4.1. Análisis e interpretaciones de los datos físico-químicos en profundidad (An. 2b).
5.4.2. Evolución de los parámetros físico-químicos en el tiempo (An. 2c).
5.4.3. Correlaciones entre conductividad eléctrica y material disuelto (An. 2d).
5.4.4. Correlaciones entre turbiedad y material en suspensión (An. 2d).
5.4.5. Análisis geoquímicos de las verticales V1 y V5.
5.4.6. Distribución de la salinidad, densidad y temperatura, en profundidad a partir de los datos obtenidos por la CTD (An. 2f).

6. REALIZACIÓN DE LA COMISIÓN

7. CONCLUSIONES

LÉXICO

REFERENCIAS

ANEXOS

Lista de fotos:

Foto 1: Embarcación de estudios del INOCAR (portada).
Foto 2: DGPS - INOCAR (An. 4).
Foto 3: ADCP (RDI - Río Grande) 1200 kHz. - IRD (An. 4).
Foto 4: Muestreador puntual de agua y sedimento - IRD (An. 4).
Foto 5: Rampa de filtración - IRD - instalada en la embarcación de estudios del INOCAR (An. 4).

Lista de figuras:

Figura 1: Localización de la sección de estudio en el Río Guayas.
Figura 2: Evolución teórica y observada de las cotas del Guayas durante el ciclo de la marea.
Figura 3: Representación de cotas, caudales y puntos de muestreo en el Río Guayas durante el ciclo de la marea.
Figura 4: Curva cota-caudal.

Lista de tablas:

Tabla 1: Cronograma de la comisión E22.
Tabla 2: Variaciones de limnimetría y caudal en función de la hora de estudio.
Tabla 3: Características de los muestreos de agua y sedimento (Mediciones físico-químicas “in situ”).

Lista de anexos:

Anexo 1: Tabla de datos y gráficos de mediciones de caudales con ADCP (perfiles batimétricos y campo de repartición de las velocidades e intensidades de la señal del ADCP en las secciones estudiadas).
Anexo 2: Características de los muestreos de agua y sedimento.
a. Datos generales y mediciones físico-químicas “in situ” de las muestras de agua y sedimento.
b. Evolución de parámetros físico-químicos en profundidad y durante el tiempo de estudio.
c. Evolución de la cota y los parámetros físico-químicos en el tiempo y a tres profundidades.
d. Correlaciones entre diferentes parámetros físico-químicos y su evolución en el tiempo.
e. Análisis geoquímicos de las verticales V1 y V5 - muestreos superficiales y de fondo de las verticales representativas N°1 (muestreos 11 y 13) y N°5 (muestreos 51 y 53).
a) diagrama de PIPER del promedio de los muestreos superficiales y de fondo de las verticales representativas N°1 (muestreos 11 y 13) y N°5 (muestreos 51 y 53).
b) diagrama de SCHOELLER del promedio de los muestreos superficiales y de fondo de las verticales representativas N°1 (muestreos 11 y 13) y N°5 (muestreos 51 y 53).
c) diagrama de STABLER del promedio de los muestreos superficiales y de fondo de las verticales representativas N°1 (muestreos 11 y 13) y N°5 (muestreos 51 y 53).
d) tablas de cocientes iónicos, de determinación de fase geoquímica y de estadística de los muestreos superficiales y de fondo de las verticales representativas N°1 (muestreos 11 y 13) y N°5 (muestreos 51 y 53).
e) distribución de la salinidad, densidad y temperatura, en profundidad a partir de los datos obtenidos por la CTD.
Anexo 3: Flujograma de muestreo y tratamiento de muestras.
Anexo 4: Fotos del equipo.

1. OBJETIVOS DE LA COMISIÓN

El presente estudio corresponde a la comisión de campo E22 en el cronograma de actividades del Proyecto HYBAM (convenio IRD-INAMHI) y fue realizado en conjunto con el INOCAR.

El principal objetivo de esta comisión fue realizar el primer estudio del "Impacto de la marea sobre los flujos hidrosedimentarios del Río Guayas". Para esto, se aforó la sección de análisis, de forma continua durante 13 horas para cubrir un ciclo completo de marea (~12:30 horas).

Se empleó nueva tecnología de medición de caudales: un ADCP modelo 1200 kHz. adaptado a la configuración del Río Guayas, acoplado a un DGPS para seguir de forma precisa el posicionamiento del barco en las secciones estudiadas. Se utilizó una CTD para el estudio de la evolución de las características físico-químicas del agua en función de la profundidad y del tiempo, sobre una misma vertical central de muestreo representativa de la sección. Al mismo tiempo se realizaron muestreos puntuales de agua y sedimento en momentos relevantes del ciclo de marea.

Así, se realizaron en 13 horas de medición, 22 aforos en la sección de estudio y 24 muestreos de agua y sedimento.

GUAYAQUIL
Gral Villamil
(Playas)
Cerro Animas
San Jacinto de Yaguachi
Isla Mondragón
Isla Verde
Isla Santay
Puna
Puerto Inca
Puerto Roma
Puerto Arturo
Puerto Buena Vista
Puerto del Conchal
Puerto Santa Ana
Puerto Salvador
Santa Rosa de Flandes
Puerto Mendoza
Puerto Concordia
Puerto Bolívar
Puerto Hondo
Puerto El Limbo
Islas Mangleciito
Isla de La Esperanza
Isla Chupadores Grande
Isla Bellavista
Isla Bacachito
Isla Santa Rosa
Isla Mondragón
Isla Santay
Isla Puna
Isla Chongón
Isla Amatay
Isla Bellavista
Isla Chupadores Grande
Isla Santa Rosa
Isla Mondragón
Isla Verde
Isla Puna
Isla Santay

2.2 Participantes INOCAR

- Nelson Paredes
- Julio Rosero
- Leonor Vera
- Luis Murillo
- Miriam Lucero
- Oswaldo Bolaños
- Patricia Arreaga
- Sonia Recalde
- Victor Amán
- Wilfrido Morales

3. ACTIVIDADES DE CAMPO

3.1 Medición de caudales

El posicionamiento geográfico se realizó con un DGPS (ver Foto 2). Se utilizó un ADCP (RDI – Río Grande) 1200 kHz. – IRD (ver Foto 3) con un soporte fijo sujeto a la embarcación para las mediciones de caudales.

3.2 Muestreo de agua y sedimento

Las muestras para análisis específicos de agua fueron tomadas con un muestreador puntual (ver Foto 4), en una vertical central representativa de la sección de medición y a tres profundidades (superficie, medio, fondo) en diferentes momentos importantes durante el desarrollo del estudio.

3.3. Medición " in situ" de parámetros físico-químicos del agua

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

1. Conductivímetro WTW LF 318 (Ap. = +/- 0.1 $\mu S.cm^{-1}$)
2. pH metro WTW pH 320 (Ap. = +/- 0.01)
3. Turbidímetro AQUALITYC (Ap. = +/- 0.01 NTU)

¤ Las salinidades y densidades en la columna de agua son calculadas a partir de mediciones de temperatura y conductividad eléctrica, obtenidas utilizando el siguiente equipo y mediante su respectivo software:

4. CTD de marca SEABIRD SEACAT PROFILER, cuyas características del sistema de configuración son:

Model SBE 19-01	S/N 195877 – 1160
Instrument type	SBE 19 SEACAST Profiler
Firmware Versión	3.0 c
Baud rate (communication:real time data)	600:600
Number of data words	4
Memory	512K
Housing	3400 meter (6061 aluminum)
Strain gauge pressure sensor	5000 psi S/N 154931

Las especificaciones del equipo son:

Measurement Range:	Temperature	-5 to +35 °C
	Conductivity	0 to 7 s/M (0 TO 70 mmho/cm)
	Pressure	50, 100, 150, 200, 300, 500, 1000, 3000, 5000, or 10,000 psia
Accuracy:	Temperature	0.01 °C/6 months
	Conductivity	0.001 S/m/month
	Pressure	0.25% of full scale range (50 to 1000 psia)
		0.15% of full scale range (3000 to 10,000 psia).
Resolution:	Temperature	0.001 °C
	Conductivity	0.0001 S/m
	Pressure	0.015% of full scale range

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

5. GPS GARMIN 12 XLS (Ap. = +/- 3-10 m)
6. DGPS TRIMBLE - 4000 (Ap. = +/- 5 cm)

¤ Se determinó la altura limnimétrica cada 10 minutos para el estudio del impacto de la marea. Estas mediciones fueron realizadas en las reglas limnimétricas del INOCAR ubicadas sobre un pilar del Malecón de Guayaquil.

3.4. Filtración de las muestras

Todas las muestras fueron filtradas "in situ". Para la determinación de la concentración del material en suspensión [MES] y disuelto [MD] (resultados en el Anexo 2), fue utilizada una unidad de filtración frontal con 4 cabezas (Sartorius), ligada a una bomba de aire, con filtros de acetato de celulosa de 0.45 µm de porosidad (ver Foto 5). El líquido filtrado está destinado al análisis de los elementos disueltos mayores. Estos análisis fueron realizados en el laboratorio LMTG de la UPS (Universidad Paul Sabatier) de Toulouse (Francia).

4. DESARROLLO DE LA COMISIÓN

Consultar la Tabla 1 (posterior).

↳ 5 de mayo:

- Preparación en Quito del material para la comisión.
- Cargamento del carro del IRD.
- Viaje Quito – Guayaquil por tierra por el equipo IRD/INAMHI.

↳ 6 de mayo:

- Instalación en el alojamiento de Oficiales de Marina "Limonar".

- Realización de la primera reunión de trabajo con el equipo de investigación y logística del INOCAR. Durante este día se realizó varias charlas acerca del tema para coordinar el itinerario y procedimientos de trabajo.
- Inicio de la adecuación del equipo a ser utilizado.

7 de mayo:

- Fabricación de nuevos muestreadores de agua y sedimento.
- Arreglo de material informático.
- Edición final e impresión de posters sobre el primer estudio del impacto de la marea oceánica en el estuario del Amazonas, hecho por el IRD en 1998.

8 de mayo:

- Instalación en la embarcación del equipo a ser utilizado para el estudio.
- Pruebas en muestreadores de agua y sedimento.
- Elaboración de hojas electrónicas (Excel) y formatos para el ingreso de datos de campo.

9 de mayo:

- Trabajo de campo: aforos continuos durante 13 horas y muestreos de agua y sedimento.
- Análisis y filtración de muestras “in situ”, explicado anteriormente en el numeral 3.4.

10 de mayo:

- Procesamiento de los primeros datos obtenidos.
- Conferencia de exposición de estudios anteriores en el estuario del río Amazonas y sus primeros resultados.

11 de mayo:

- Viaje de vuelta por tierra de Guayaquil hasta Quito por el equipo IRD/INAMHI.

Tabla 1: Cronograma de la comisión E22
(Equipo IRD-INAMHI-INOCAR)

	Ciudades	Quito → Guayaquil	Guayaquil	Guayaquil	Guayaquil	Guayaquil	Guayaquil	Guayaquil → Quito	
Personal	**Sigla**	05-mayo	06-mayo	07-mayo	08-mayo	09-mayo	10-mayo	11-mayo	**Días**
Alain Laraque	AL	++	+	+	+	+	+	+	***7***
Rodrigo Pombosa	RP	++	+	+	+	+	+	+	***7***
Catalina Cerón	CC	++	+	+	+	+	+	+	***7***
Philippe Magat	PM	++	+	+	+	+	+	+	***7***
Miriam Lucero	ML		+	+	+	+	+		***5***
Sonia Recalde	SR		+	+	+	+	+		***5***
Leonor Vera	LV		+	+	+	+	+		***5***
Patricia Arreaga	PA		+	+	+	+	+		***5***
Nelson Paredes	NP		+	+	+	+	+		***5***
Oswaldo Bolaños	OB		+	+	+	+	+		***5***
Julio Rosero	JR		+	+	+	+	+		***5***
Luis Murillo	LM		+	+	+	+	+		***5***
Víctor Aman	VA		+	+	+	+	+		***5***
Wilfrido Morales	WM		+	+	+	+	+		***5***
Número de personas	**14**	**4**	**14**	**14**	**14**	**14**	**14**	**4**	
Número de días		*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	

Legenda:

Trechos

Etapa terrestre (carro/bus) +

Etapa de barco +

Preparación en tierra o trabajo +

5. RESULTADOS

5.1. Mediciones de caudales

La época de la comisión E22 (mayo), está caracterizada por aguas medias en período de descenso de la crecida en la cuenca del Guayas.
La Tabla 2 presenta las variaciones de la limnimetría y caudal en función de la hora de estudio, mientras que los resultados de las mediciones de caudales con el correntómetro acústico de efecto doppler (ADCP) de frecuencia de 1200 kHz. y los gráficos del software WINRIVER (RDI) se encuentran en el Anexo 1.
La metodología adoptada consiste en medir las variaciones de caudal durante el ciclo de la marea, atravesando el río de orilla a orilla de forma continua durante 13 horas.
Para cada medición de caudal, se presenta en el Anexo 1, 3 gráficos que corresponden respectivamente a:

- la trayectoria del barco (línea roja) y trazado de las velocidades superficiales (líneas azules) mismas que son posicionadas geográficamente,
- el perfil de las velocidades en la sección,
- y la repartición de las intensidades de la señal en la sección estudiada.

En los gráficos 2 y 3 las orillas izquierda y derecha del río se encuentran representadas, correspondientemente a izquierda y derecha de la hoja.

Tabla 2: Variaciones de limnimetría y caudal en función de la hora de estudio

No.	HORA	COTA (m)	CAUDAL (m^3/s)	No.	HORA	COTA (m)	CAUDAL (m^3/s)	No.	HORA	COTA (m)	CAUDAL (m^3/s)	No.	HORA	COTA (m)	CAUDAL (m^3/s)
1	6:10	3.80		22	9:40	1.83		43	13:10	0.82		64	16:40	3.83	-9603
2	6:20	3.74		23	9:50	1.75		44	13:20	0.95		65	16:50	3.90	
3	6:30	3.68		24	10:00	1.67		45	13:30	1.15		66	17:00	3.96	
4	6:40	3.59	6774	25	10:10	1.58	9099	46	13:40	1.34	-1050	67	17:10	4.01	-5680
5	6:50	3.51		26	10:20	1.51		47	13:50	1.50		68	17:20	4.04	
6	7:00	3.44		27	10:30	1.44	8965	48	14:00	1.67	-6673	69	17:30	4.07	
7	7:10	3.32		28	10:40	1.36		49	14:10	1.86		70	17:40	4.06	
8	7:20	3.23		29	10:50	1.30	8666	50	14:20	2.01		71	17:50	4.08	-3750
9	7:30	3.14	10504	30	11:00	1.22		51	14:30	2.16	-8628	72	18:00	4.07	
10	7:40	3.03		31	11:10	1.16		52	14:40	2.31		73	18:10	4.04	
11	7:50	2.92		32	11:20	1.10		53	14:50	2.49	-10161	74	18:20	4.00	572
12	8:00	2.82		33	11:30	1.04		54	15:00	2.63		75	18:30	3.96	
13	8:10	2.70		34	11:40	0.97	8255	55	15:10	2.77	-9940	76	18:40	3.89	
14	8:20	2.61		35	11:50	0.93		56	15:20	2.91		77	18:50	3.80	4342
15	8:30	2.49	10986	36	12:00	0.87		57	15:30	3.05		78	19:00	3.73	
16	8:40	2.39		37	12:10	0.82		58	15:40	3.20		79	19:10	3.66	
17	8:50	2.29		38	12:20	0.78	7287	59	15:50	3.32		80	19:20	3.56	7948
18	9:00	2.19		39	12:30	0.75		60	16:00	3.44	-10352	81	19:30	3.47	
19	9:10	2.10		40	12:40	0.73		61	16:10	3.56					
20	9:20	2.00	10077	41	12:50	0.71	7054	62	16:20	3.66					
21	9:30	1.91		42	13:00	0.73		63	16:30	3.74					

5.2. Muestreos de agua y sedimento

Los muestreos puntuales fueron realizados en una vertical representativa de la sección de aforo, a tres profundidades y en diferentes momentos (total 8) a lo largo del período de estudio. Esto permite apreciar gráfica y analíticamente aspectos importantes de la evolución de los parámetros físico-químicos determinados en las muestras de agua a profundidad y en el tiempo (Anexo 2a) con las posibles correlaciones existentes entre sí. Durante el estudio de cada una de estas verticales representativas, se sumergió una sonda CTD para determinar de manera continua las variaciones de los parámetros como: salinidad, densidad, temperatura y conductividad eléctrica. De las 8 veces que se muestreó la vertical representativa, 4 corresponden a la marea en descenso (V1, V2, V3, V8) con caudales positivos de descarga del Río Guayas y las 4 restantes a la marea ascendente (V4, V5, V6, V7) con caudales negativos.

Las gráficas correspondientes se exponen en el Anexo 2, literales:

b. Evolución de parámetros físico-químicos en profundidad y durante el tiempo de estudio

c. Evolución de la cota y los parámetros físico-químicos en el tiempo y a tres profundidades

d. Correlaciones entre diferentes parámetros físico-químicos y su evolución en el tiempo

e. Análisis geoquímicos de las verticales V1 y V5 - muestreos superficiales y de fondo de las verticales representativas N°1 (muestreos 11 y 13) y N°5 (muestreos 51 y 53).

   a) diagrama de PIPER del promedio de los muestreos superficiales y de fondo de las verticales representativas N°1 (muestreos 11 y 13) y N°5 (muestreos 51 y 53)
   b) diagrama de SCHOELLER del promedio de los muestreos superficiales y de fondo de las verticales representativas N°1 (muestreos 11 y 13) y N°5 (muestreos 51 y 53)
   c) diagrama de STABLER del promedio de los muestreos superficiales y de fondo de las verticales representativas N°1 (muestreos 11 y 13) y N°5 (muestreos 51 y 53)
   d) tablas de cocientes iónicos, de determinación de fase geoquímica y de estadística de los muestreos superficiales y de fondo de las verticales representativas N°1 (muestreos 11 y 13) y N°5 (muestreos 51 y 53)
   e) distribución de la salinidad, densidad y temperatura, en profundidad a partir de los datos obtenidos por la CTD

Las gráficas y tablas de resultados del Anexo 2e han sido obtenidos utilizando el programa SYSEAU (Laraque et *al.*, 1995).

5.3. Análisis del impacto de la marea sobre la descarga del Río Guayas

La Figura 2 (posterior) compara la evolución observada de las cotas del Guayas con la evolución sinusoidal teórica durante el ciclo de la marea. Las observaciones son ligeramente disimétricas y muestran al final de la marea descendente un fenómeno de vaciado del estuario, más lento que lo previsto. Igualmente, se constata un desfase de aproximadamente 50 minutos entre los dos picos (observado y teórico) de marea baja, que muestra el retardo del vaciado real del estuario debido a una cierta inercia hidráulica.

Sobre la Figura 3 (posterior) se constata la ausencia de una antifase simétrica entre la evolución de las cotas observadas y la de los caudales. Los trazos verticales verdes de esta figura, delimitan la inercia hidráulica observada. En efecto, en el pico de marea baja, al momento de la inversión de la marea, los caudales no son siempre nulos. Estos se anulan con un retardo de aproximadamente 50 minutos (sobre el gráfico correspondiente al punto de inflexión de la curva de caudales que cruza la recta de los caudales nulos).

Así mismo muestra la evolución del nivel de agua en el estuario y los caudales correspondientes durante un ciclo de marea. Los caudales del Guayas son positivos en marea creciente y negativos en marea decreciente, mientras que se anulan durante los cambios de marea. Sobre esta misma figura se posicionan las operaciones simultáneas de estudio con la CTD sobre un perfil vertical, los puntos de muestreo de MES y de análisis de parámetros físico-químicos "in situ". La Figura 4 presenta el « loop » de la evolución de los caudales en función de las cotas. La curva es casi circular, lo que indica la fuerte influencia de la marea sobre el estuario del Guayas, cuyo caudal medio es escaso en comparación de las masas de agua puestas en acción bajo la influencia de la marea oceánica. La ligera disimetría entre los caudales positivos y negativos correspondientes a los caudales (positivos) intrínsecos del Guayas, es del orden de 3000 $m^3.s^{-1}$ para el día de la medición.

5.3.1. Análisis de los gráficos ADCP (An. 1)

Los resultados de las mediciones con el ADCP están presentes en la tabla del Anexo 1. Sobre los gráficos ADCP, las secciones están orientadas en sentido ESTE (orilla izquierda) – OESTE (orilla derecha), considerando que el Río Guayas al nivel del estuario, fluye de norte a sur. Las secciones no son todas parecidas, ya que a menudo dependiendo del sentido y la intensidad de la corriente en función de los cambios de marea, la embarcación se desplaza hacia aguas arriba o hacia aguas abajo durante las mediciones.

Las radiografías instantáneas efectuadas por el ADCP en el Río Guayas durante un ciclo de la marea (ver An. 1), muestran la evolución en función del tiempo de las distribuciones de los vectores velocidad (orientación, intensidad) así como la intensidad al interior de la sección de medición. La señal de intensidad (en dB) del ADCP depende de la cantidad de MES y de sus características (tipología mineralógica, granulometría, forma, densidad, etc.…). Son representadas las parábolas de intensidad en función de la profundidad.

Los valores extremos de los caudales registrados en el estuario del Guayas van de +10 986 $m^3.s^{-1}$ (marea decreciente – archivo ADCP T1002r.000) a –10 351 $m^3.s^{-1}$ (marea ascendente – archivo ADCP T1015r.000). Una medición pudo ser realizada durante el trecho de cambio de marea con un caudal muy bajo de 572 $m^3.s^{-1}$ (archivo ADCP T1019r.000), momento crítico donde el sentido de los flujos se invierte y donde las velocidades y por consiguiente los caudales del Guayas se vuelven nulos.

Los gráficos particulares correspondientes a los archivos ADCP T1018r.000 y T1019r.000, son realizados al momento del cambio de marea. Las líneas de velocidad se invierten durante la medición, las intensidades son muy bajas, se anulan momentáneamente y las parábolas verticales de las velocidades son casi rectas sin mostrar variaciones importantes entre las velocidades de superficie y de fondo, lo cual no es el caso durante las otras mediciones en fase de subida o de descenso de la marea. Algunas otras gráficas particulares son aquellas de las verticales de muestreo (ejemplo de los archivos ADCP T1004r.000, T1010r.000 y T1017r.000) donde se distingue bien la deriva de la embarcación durante la operación, unas veces durante el período aguas arriba en marea ascendente, otras veces durante el período aguas abajo del estuario del Guayas en marea descendente. El archivo ADCP T1005r.000 muestra en el primer tercio desde la orilla izquierda (es decir al ESTE o a la derecha en el primer gráfico), algunas velocidades en sentido inverso a la orientación general de las velocidades que van de norte a sur durante la marea descendente. Esta inversión es debida al paso de la embarcación aguas abajo de un islote rocoso que provoca una zona de turbulencia con una contra corriente localizada.
Las velocidades medias en las secciones van de "0" durante los cambios de marea, hasta "1 $m.s^{-1}$" positiva o negativamente, respectivamente durante los descensos o las subidas de la marea.

5.4. Análisis e interpretaciones de los datos físico-químicos

5.4.1. Análisis e interpretaciones de los datos físico-químicos en profundidad (An. 2b)

¤ Evolución del pH en profundidad

Se puede notar el aumento del pH en función de la profundidad, pero siempre con valores ligeramente ácidos (entre 6,5 y 7) en todas las columnas de agua.

¤ Evolución de la conductividad eléctrica (C.E.) en profundidad

En marea descendente, las C.E. de las verticales (V1, V2, V3), presentan las gradientes verticales más elevadas que en marea creciente (V4 a V7), en general con valores de superficie más bajos (108 µS/cm a 25°C) que aquellos homólogos en marea creciente (120 µS/cm a 25°C). Se debe notar que las conductividades aumentan hasta alcanzar los 155 µS/cm a 25°C en V8 (pico de marea alta). La influencia del empuje oceánico se traduciría como una ligera difusión salina en el frente.

¤ Evolución del material disuelto en profundidad

Su evolución es semejante a aquella de la conductividad eléctrica en cada columna de agua, con un aumento en profundidad. Sin embargo 2 verticales (V6 et V7) no siguen este esquema y presentan las concentraciones superficiales más fuertes que a profundidad.

¤ Evolución de la turbiedad y del material en suspensión en profundidad

Estos dos parámetros siguen evoluciones semejantes para la gran mayoría de las columnas de agua con un aumento de sus valores a profundidad. Las aguas en movimiento provocan gradientes parabólicas de MES desplazando el MES pesado cercano al fondo. Solo la vertical V8 presenta valores semejantes sobre toda la columna de agua. V8 se sitúa justo después de la inversión de marea (paso de marea alta a baja). En este momento los caudales con el retraso debido a la inercia hidráulica son prácticamente nulos, así como las velocidades (ver An. 1 – gráficos T1019r.000). Las velocidades de fondo son insuficientes para desplazar o poner en suspensión a los sedimentos de fondo del río. Por consecuencia nos encontramos frente a una columna prácticamente homogénea en cuanto al MES.

5.4.2. Evolución de los parámetros físico-químicos en el tiempo (An. 2c)

¤ Evolución del pH en el tiempo

Durante todo un ciclo de marea, el pH de superficie, medio y fondo fluctúan respecto a su gradiente creciendo en función de la profundidad.

¤ Evolución de la temperatura en el tiempo

Se constata que a marea baja, las temperaturas son ligeramente más elevadas. Estas temperaturas corresponden al agua dulce del Guayas.

¤ Evolución de la conductividad eléctrica y del material disuelto en el tiempo

La C.E. presentan un comportamiento antifásico a la evolución de las cotas del Guayas, es decir de las mareas, con valores más elevados hacia el fondo. Durante el pico de la marea alta (último punto sobre la derecha), los valores son más fuertes probablemente bajo la influencia de las aguas oceánicas.

¤ Evolución de la turbiedad y del material en suspensión en el tiempo

Estas son las mismas observaciones que aquellas de la C.E. y el MD. Se nota un pico de MES en V3, proveniente de una toma de sedimentos de fondo.

Se nota también que en V8, si bien las C.E. y el MD son los más elevados del ciclo, las turbiedades y los MES son los más bajos del ciclo. Esto corresponde a su vez a la influencia marina (ligero aumento de las C.E.) y a la caída de las velocidades que como se dijo anteriormente, ya no pueden acarrear los MES de fondo.

5.4.3. Correlaciones entre conductividad eléctrica y material disuelto (An. 2d)

La correlación es muy buena y permite evaluar las concentraciones de material disuelto a partir de simples mediciones de C.E.

5.4.4. Correlaciones entre turbiedad y material en suspensión (An. 2d)

La correlación es medianamente buena.

5.4.5. Análisis geoquímicos de las verticales V1 y V5 - muestreos superficiales y de fondo de las verticales representativas N°1 (muestreos 11 y 13) y N°5 (muestreos 51 y 53)

Ver los An. 2e.a y 2e.b) diagrama de PIPER y de SCHOELLER respectivamente.
En marea creciente, sobre la vertical V5, el intervalo relativo y absoluto entre los valores de superficie y en profundidad es ligeramente más grande que a marea descendente (V1) para los valores de caudales inversos (V5 = - 10161 $m^3.s^{-1}$) y (V1 = 10292 $m^3.s^{-1}$). Las muestras en profundidad son más alcalino-cloruradas, esto se puede explicar por una ligera difusión salina de las aguas oceánicas en las del Guayas.
Pero durante todo el ciclo de marea al nivel de la sección de medición, las características físico-químicas del agua tanto en superficie como en profundidad, permanecen siendo las del agua dulce del Guayas.

An. 2e.c) diagrama de STABLER del promedio de los muestreos superficiales y de fondo de las verticales representativas N°1 y N°5.
Este diagrama muestra que la fase de las aguas es mixta bicarbonatada. Los valores numéricos de las características geoquímicas de las muestras de agua de estas 2 verticales son presentados en el Anexo 2e.d), que presenta las tablas de cuocientes iónicos, de determinación de fase geoquímica y de estadística de los muestreos superficiales y de fondo de las verticales representativas N°1 y N°5.

5.4.6. Distribución de salinidad, densidad y temperatura, en profundidad a partir de los datos obtenidos por la CTD (An. 2e.e)

La distribución de la salinidad (An. 2e.e) medida por la CTD a lo largo de la columna de agua durante el período de mediciones, muestra que la salinidad es ligeramente mayor en las capas sub-superficiales. Esta pequeña variación de la salinidad se aprecia en los 2 primeros metros de la columna de agua; a partir de este nivel existe completa homogeneidad en la columna de agua en cualquiera de los estados de la marea. Las tres primeras mediciones V1, V2, V3 y V4, muestran como la distribución de salinidad varía temporal y desde la superficie hasta el fondo en el punto de referencia, durante el reflujo. El mínimo valor de salinidad se lo tiene en la superficie (0.009 ups) y el máximo en el fondo (0.072 ups), durante la media marea. Para el V3 existe una homogeneidad de las aguas existiendo un gradiente vertical de salinidad muy pequeño, llegando a tener salinidades en toda la columna de agua de 0.068 ups, sin embargo se puede apreciar aún la salida de agua fresca hacia el mar para el V4, teniendo valores homogéneos de 0.065 ups.

Para el V5, se puede observar claramente un cambio en la salinidad a nivel sub-superficial, mientras que en la superficie se tiene valores aún más bajos que los encontrados para V4. Las salinidades aumentan, para este estado de marea (flujo), los rangos van desde 0.036 ups en la superficie hasta 0.077 ups en el fondo. La diferencia entre ambos estados de marea no es tan marcada pero si determina un cambio entre las mismas. Secuencialmente se puede notar los cambios en la distribución de sales en la columna de agua, hasta conseguir la máxima salinidad (0.77 ups) para este período de mediciones en V8.
La distribución de densidades (An. 2e.e) para el presente período de mediciones fue calculada a partir de los datos de sigma-t que el equipo proporciona.

Durante el reflujo, las densidades son mayores en la superficie. El valor máximo alcanzado es de 996.398 kg/m^3, sin embargo después de los 2 metros de profundidad no son evidentes los cambios en la densidad, existiendo una columna de densidad homogénea. Las densidades tienen un valor promedio de 996.229 kg/m^3.

Para el flujo, las densidades son ligeramente mayores en las capas profundas, y van aumentando conforme avanza la intrusión salina hasta conseguir una estabilidad. El valor máximo alcanzado es de 996.231 kg/m^3, para una columna de agua con densidad promedio de 996.174 kg/m^3.

Durante las primeras horas de reflujo se puede notar un gradiente de temperatura (An. 2e.e) entre la capa superficial y profunda de la columna de agua, que va desde 27.3 °C hasta los 28.3 °C, hasta llegar a una columna más homogénea con una temperatura de 28.3 °C. Para el flujo prácticamente se tiene una capa muy homogénea desde la superficie al fondo, las temperaturas alcanzan valores de 28.5°C.

Figura 2: Evolución teórica y observada de las cotas del Guayas durante el ciclo de la marea

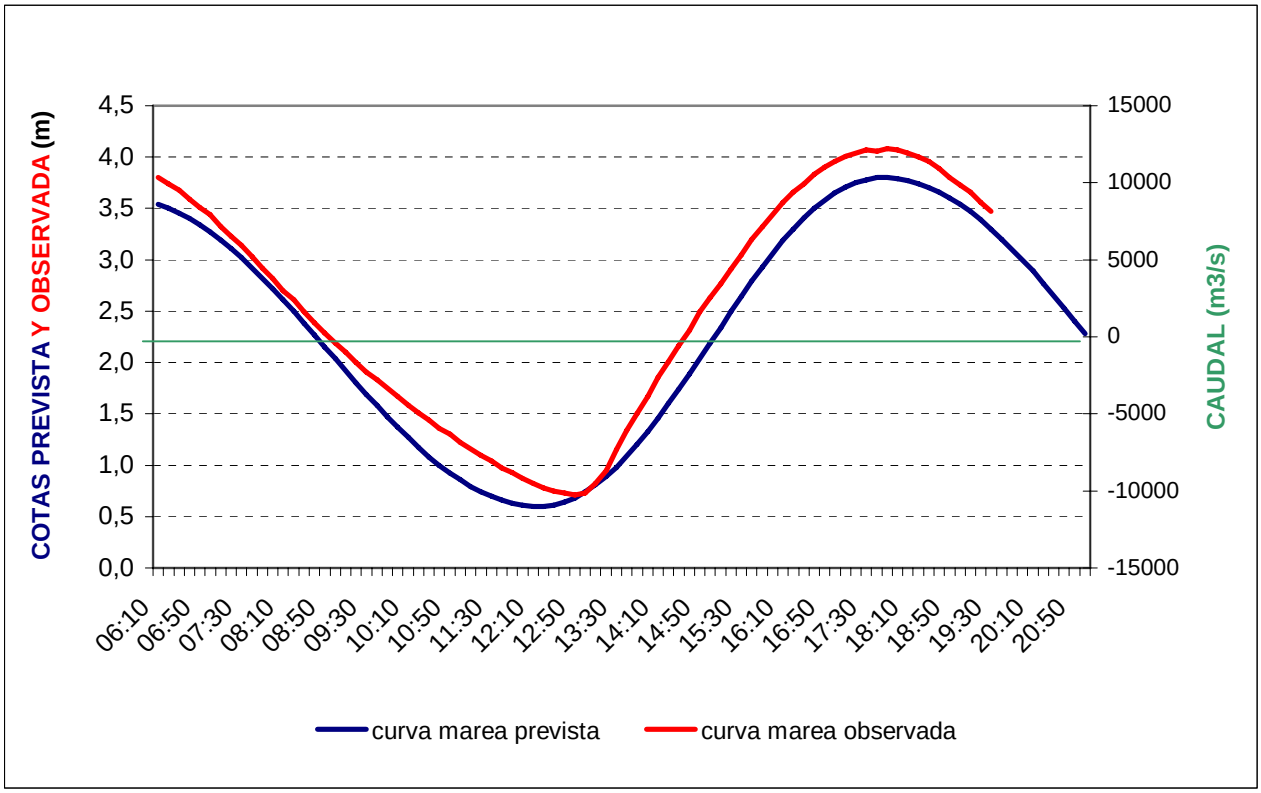


Figura 3: Representación de cotas, caudales y puntos de muestreo en el Río Guayas durante el ciclo de la marea

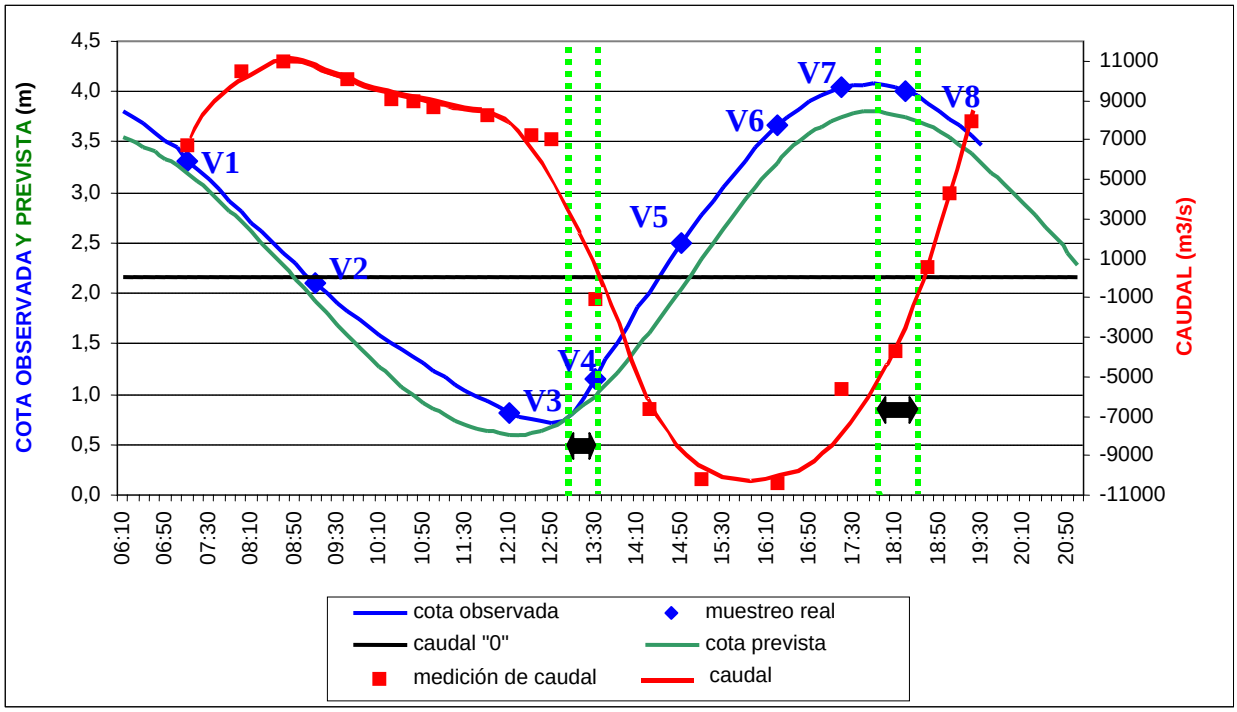
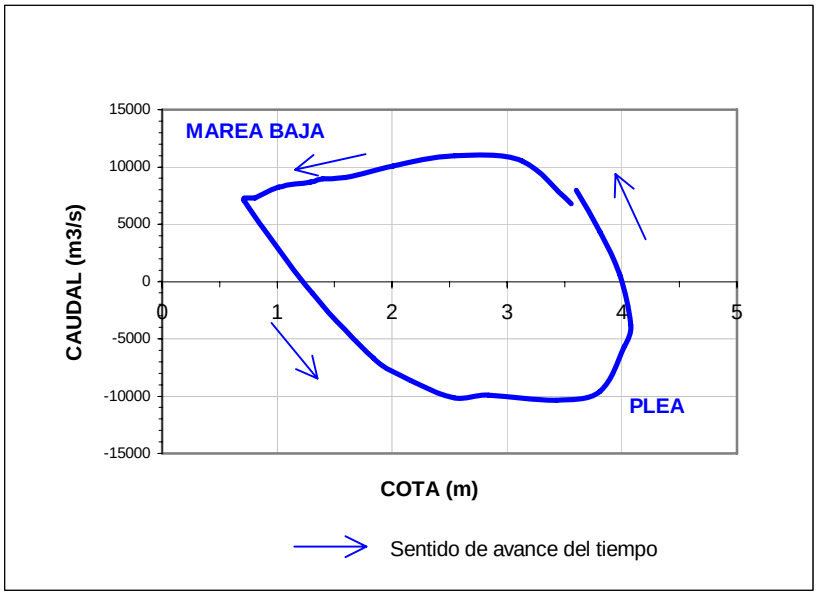


Figura 4: Curva cota-caudal



6. REALIZACIÓN DE LA COMISIÓN

El presente estudio fue realizado con personal, equipo y atención logística del INOCAR; y equipo y personal del IRD y el INAMHI.

7. CONCLUSIONES

Los fenómenos hidrodinámicos y físico-químicos observados y medidos por primera vez en el estuario del Guayas, son en todo aspecto semejantes a aquellos registrados en el estuario del Amazonas durante los primeros estudios efectuados entre 1998 y 2000 por los hidrólogos del IRD, en el marco del programa HiBAm. Estos se diferencian solamente en la escala de sus magnitudes.

Una primera estimación de caudal del estuario del Guayas ha podido ser realizada. Esta es del orden de los 3000 $m^3.s^{-1}$ para el día de la medición (09/05/2002).

Con el fin de establecer una curva de descarga del estuario bajo la influencia de la marea, se debe realizar nuevamente este tipo de operación durante los diferentes períodos remarcables del ciclo hidrológico, es decir en estiaje, crecida, ascenso y descenso de la crecida en el Guayas.

****

LÉXICO

ADCP	: Acoustic Doppler Current Profiler
C.E.	: Conductividad Eléctrica
CTD	: Conductivity, Temperature, Depth
DGPS	: Digital Global Positional System
EPN	: Escuela Politécnica Nacional
HYBAM	: (HiBAm) Hydrologie du Bassin Amazonien
INAMHI	: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
INOCAR	: Instituto Oceanográfico de la Armada
IRD	: Instituto Francés de Investigación para el Desarrollo en Cooperación
LMTG	: Laboratoire de Minéralogie et Transferts en Géologie
MD	: Material Disuelto
MES	: Material en Suspensión
ups	: Unidad práctica de salinidad
UPS	: Université Paul Sabatier (Toulouse)

****

REFERENCIAS

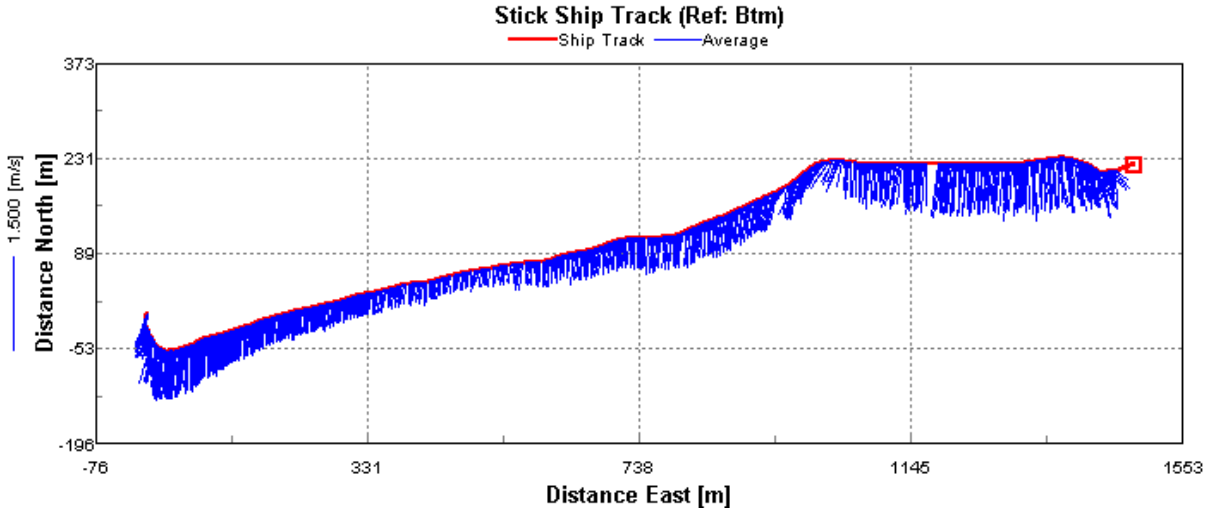
LARAQUE, A., CHABERT, L., TAPIAU, M. 1995. SYSEAU : Un logiciel d'aide à l'interprétation des données hydrochimiques et de calculs des flux de matières - note de présentation» ORSTOM, DEC, UR22, Montpellier, 122 pa.

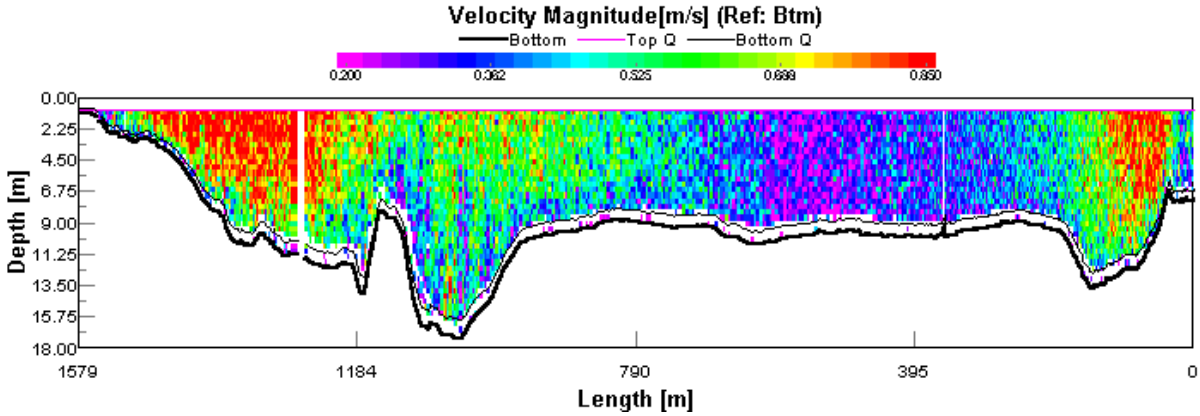
KOSUTH, P., CALLÈDE, J., LARAQUE, A., FILIZOLA, N., GUYOT, J.L., SEYLER, P., FRITSCH, J. M. 2003. Oceanic tides impact on sediment flows in the Amazonas estuary.. *In*: Hydrological Processes.

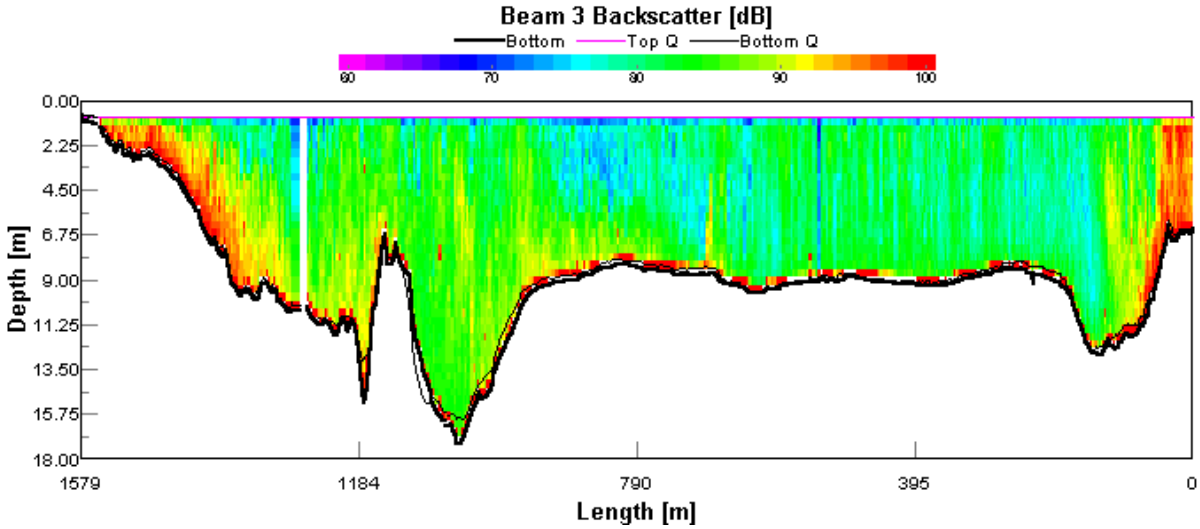
Anexo 1

Tabla de datos y gráficos de mediciones de caudales con ADCP
(perfiles batimétricos y campo de repartición de las velocidades e intensidades de la señal del ADCP en las secciones estudiadas)

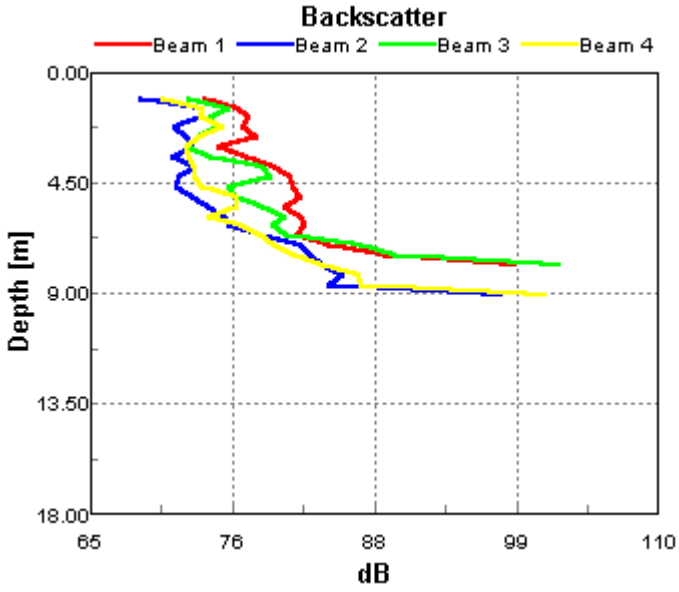
E22 – Río Guayas en Guayaquil (Malecón)
[09/05/2002] ; 06:45 h. ; 6774 $m^3.s^{-1}$; T1000r.000
cota media: 3,49 m.







A 50% de “distance MG”; n°ens: 1691



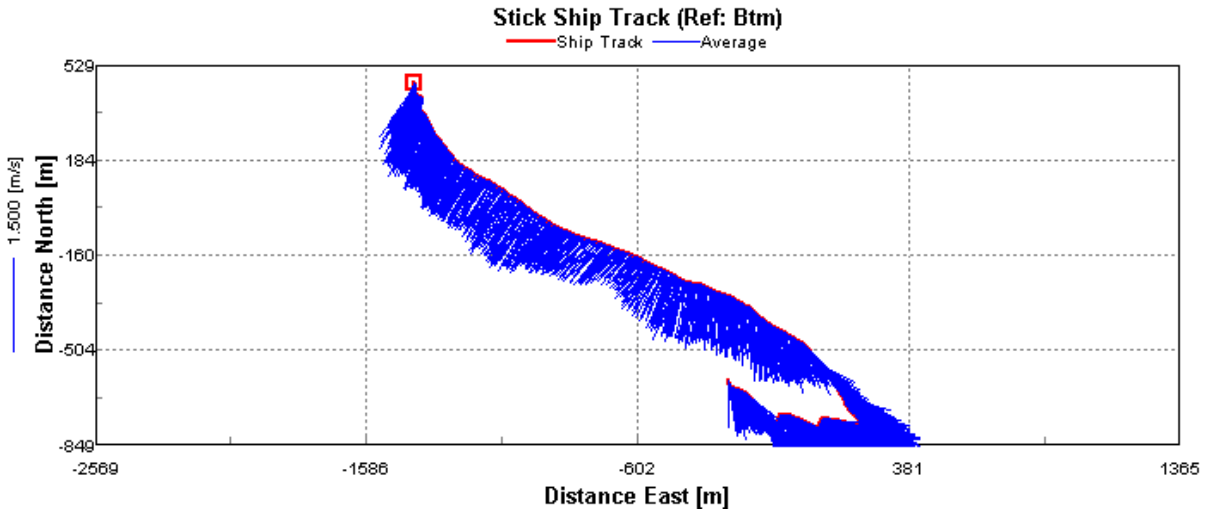
Ens. #	2085	**# Ens.**	**849**
Lost Ens.	0	Bad Ens.	70
%Good Bins	**99%**	Delta Time	1.09

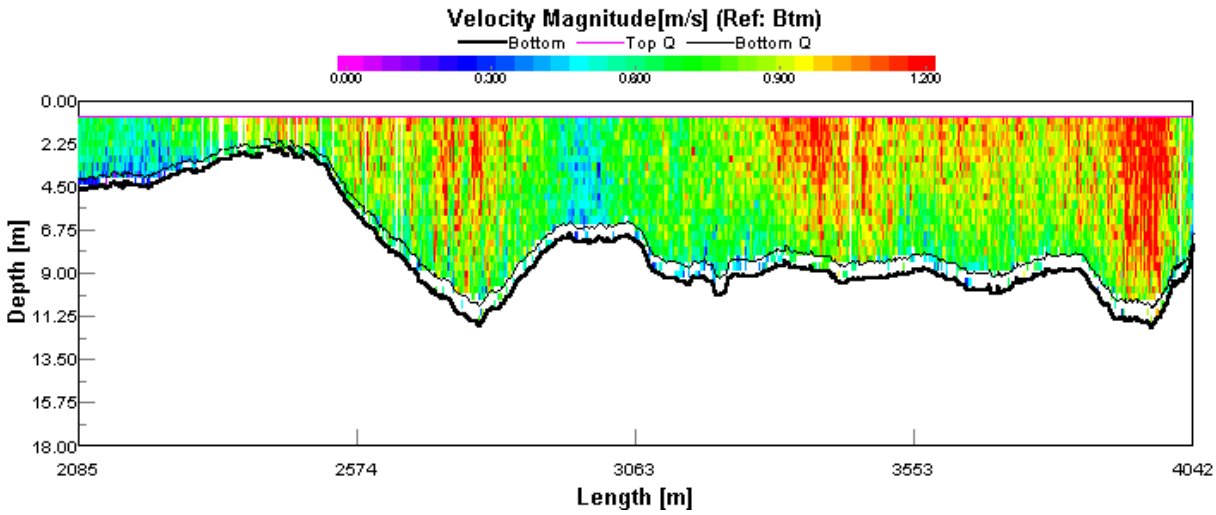
9-May-02	7:00:55.97		
Pitch	Roll	Heading	**Temp**
-7°	-7°	161°	**28°C**

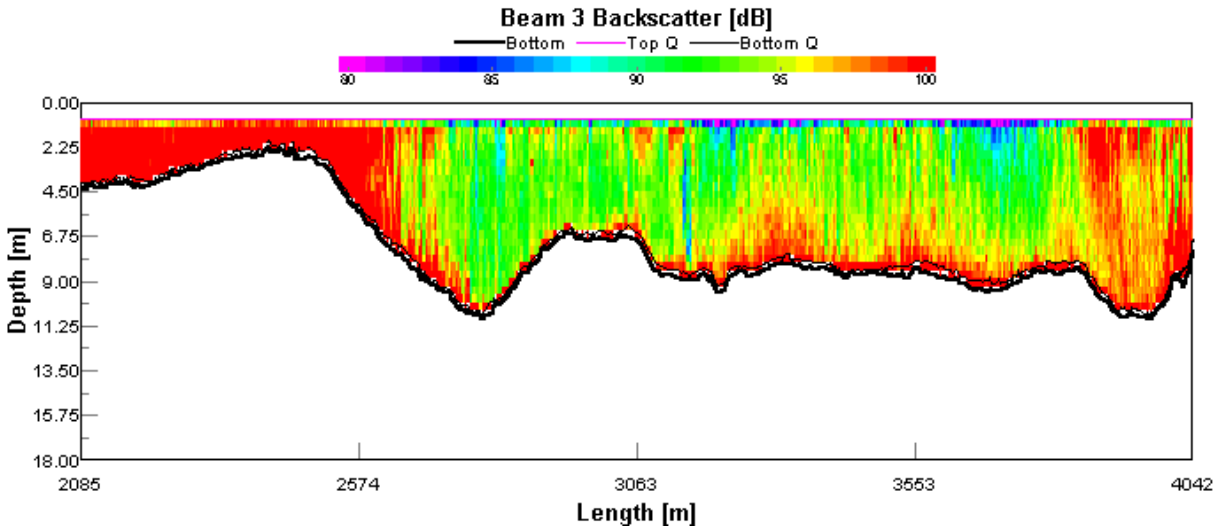
Discharge (Btm) **Right to Left**		
Good Bins Top Q Measured Q	0 650.82 5528.50	 [m³/s] [m³/s]
Bottom Q	576.69	[m³/s]
Left Q	1.07	[m³/s]
Right Q	17.19	[m³/s]
Total Q	6774.27	[m³/s]
Navigation (Btm)		
Boat Speed	0.117	[m/s]
Boat Course	162.26	[°]
Water Speed		[m/s]
Water Dir.		[°]
Calc. Depth	1.03	[m]
Length	1579.20	[m]
Distance MG	1495.26	[m]
Course MG	81.45	[°]
Time	922.17	[s]

E22 – Río Guayas en Guayaquil (Malecón)

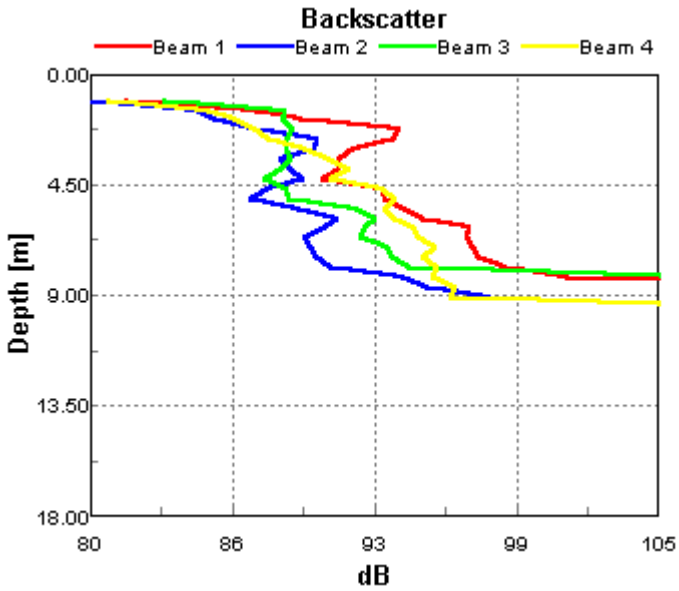
[09/05/2002] ; 07:00 h. ; 10504 $m^3.s^{-1}$; T1001r.000
cota media: 3,06 m.







A 1147 m. de OI; ens n°3500

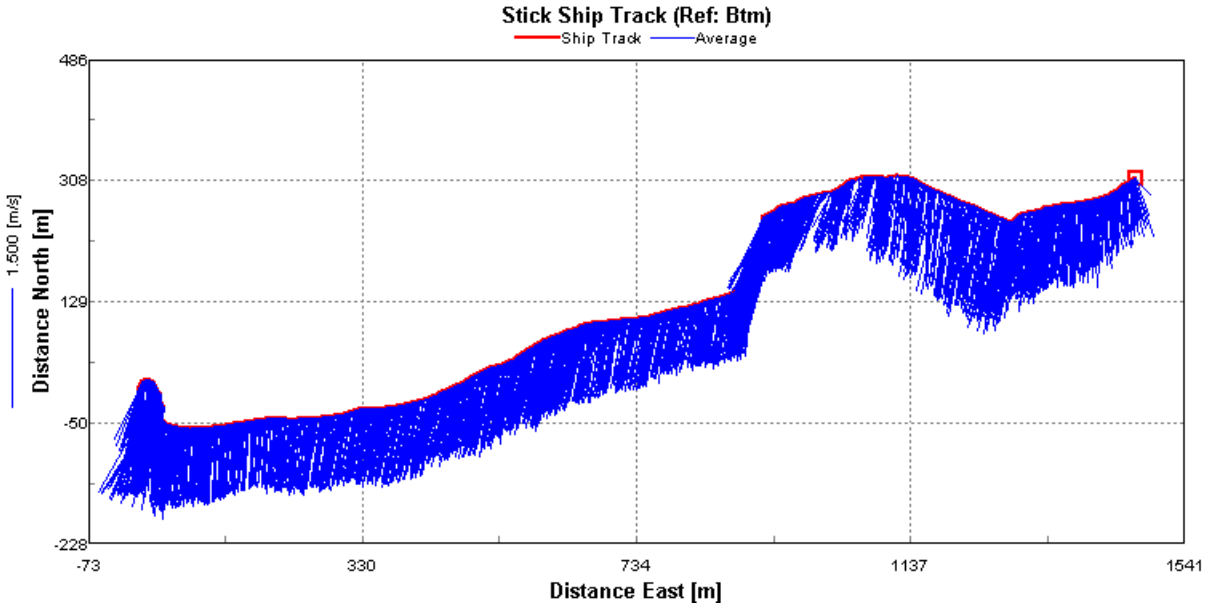


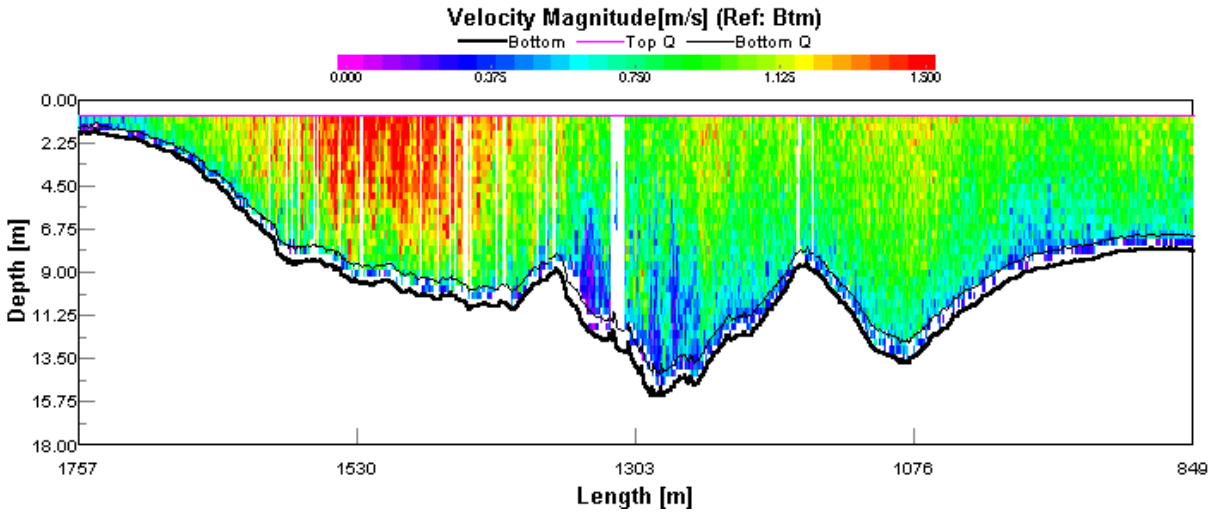
Ens. #	5871	**# Ens.**	**3773**
Lost Ens.	0	Bad Ens.	289
%Good Bins	**100%**	Delta Time	1.09

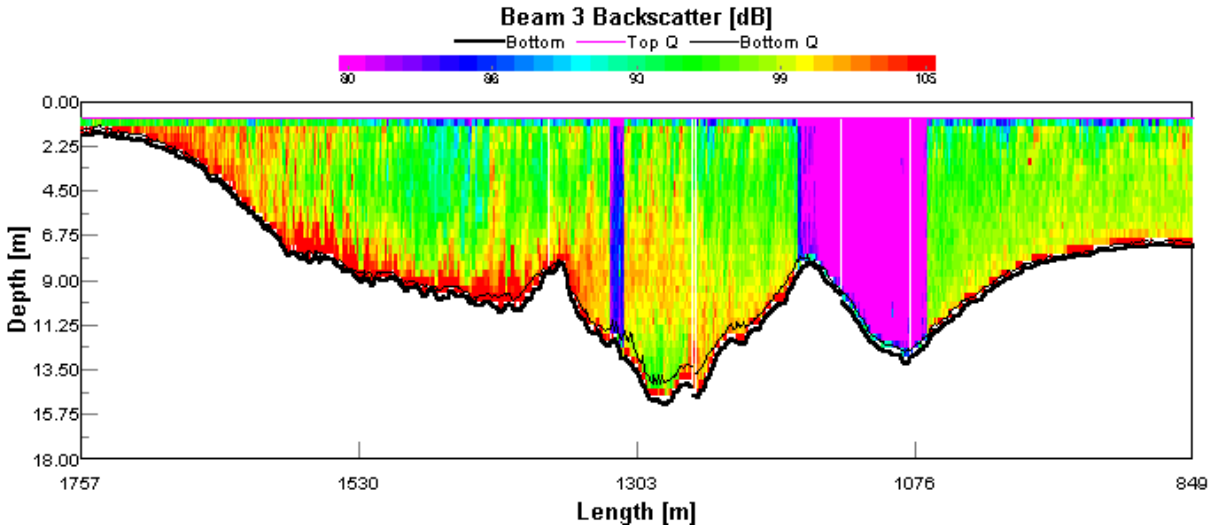
9-May-02	8:09:33.35		
Pitch	Roll	Heading	**Temp**
-13°	-5°	94°	**28°C**

Discharge (Btm) Left to Right		
Good Bins	14	
Top Q	1090.07	[m³/s]
Measured Q	8503.03	[m³/s]
Bottom Q	864.37	[m³/s]
Left Q	0.19	[m³/s]
Right Q	46.47	[m³/s]
Total Q	10504.13	[m³/s]
Navigation (Btm)		
Boat Speed	0.444	[m/s]
Boat Course	3.17	[°]
Water Speed	**0.665**	**[m/s]**
Water Dir.	201.82	[°]
Calc. Depth	7.52	[m]
Length	4041.86	[m]
Distance MG	**1487.81**	**[m]**
Course MG	288.26	[°]
Time	4102.16	[s]

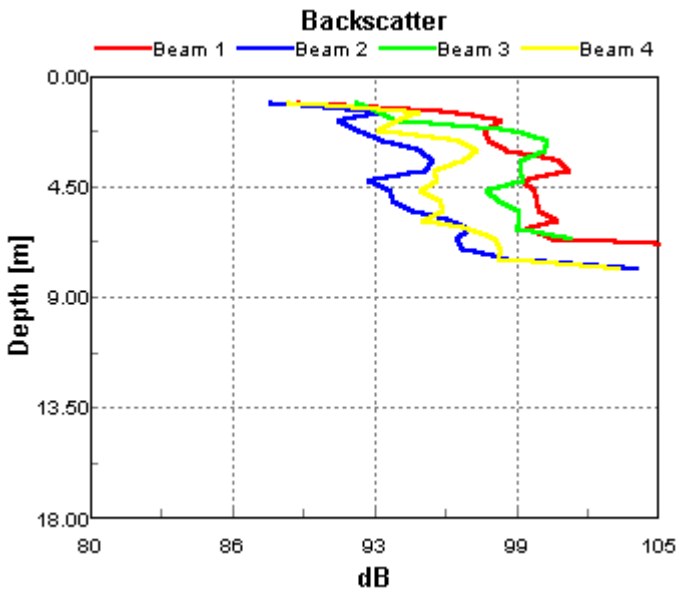
E22 – Río Guayas en Guayaquil (Malecón)
[09/05/2002] ; 08:09 h. ; 10986 $m^3.s^{-1}$; T1002r.000
cota media: 2,52 m.







A 50% de “distance MG”; n°ens: 6828

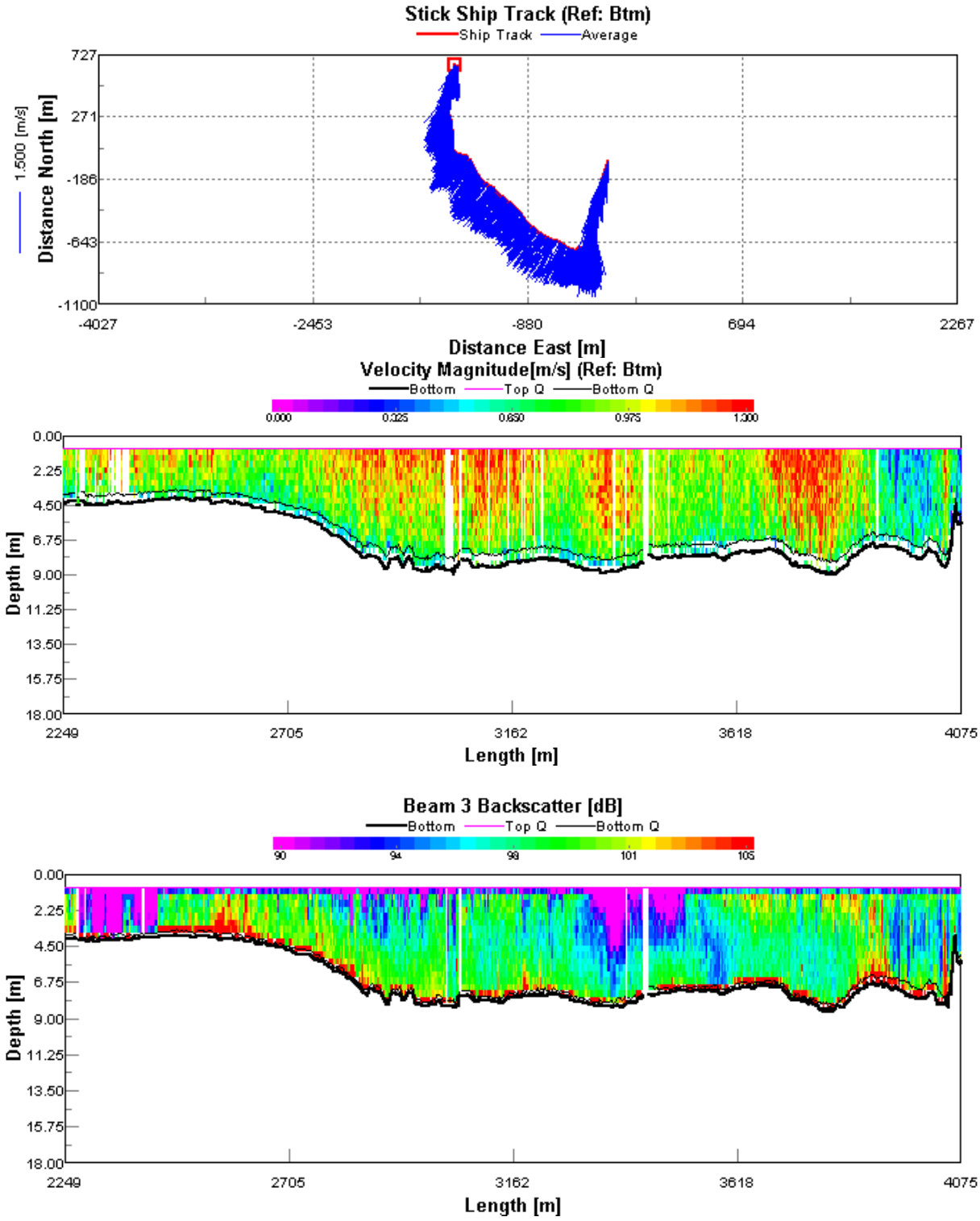


Ens. #	7820	**# Ens.**	**1928**
Lost Ens.	0	Bad Ens.	68
%Good Bins	**100%**	Delta Time	1.09

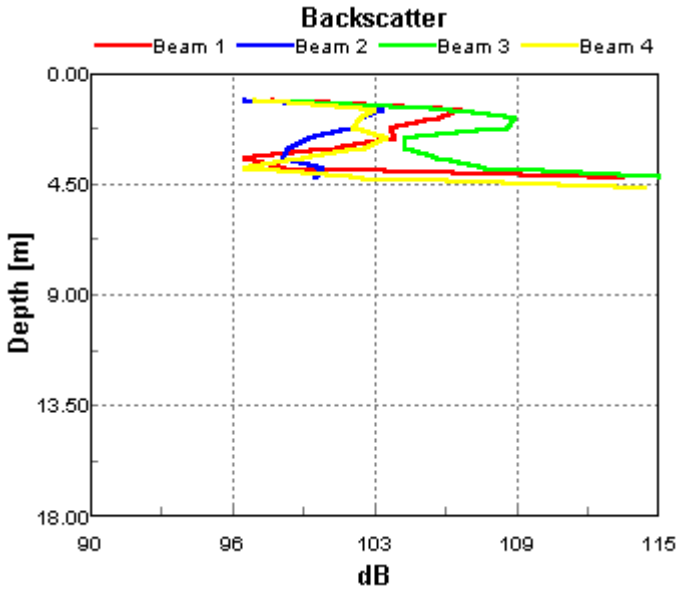
9-May-02	8:44:53.02		
Pitch	Roll	Heading	**Temp**
-12°	-6°	106°	**28°C**

Discharge (Btm) Right to Left		
Good Bins	1	
Top Q	1201.32	[m³/s]
Measured Q	8817.73	[m³/s]
Bottom Q	924.25	[m³/s]
Left Q	10.71	[m³/s]
Right Q	32.40	[m³/s]
Total Q	10986.40	[m³/s]
Navigation (Btm)		
Boat Speed	0.189	[m/s]
Boat Course	87.54	[°]
Water Speed	**0.496**	**[m/s]**
Water Dir.	159.63	[°]
Calc. Depth	1.78	[m]
Length	1757.25	[m]
Distance MG	**1500.22**	**[m]**
Course MG	78.03	[°]
Time	2095.74	[s]

E22 – Río Guayas en Guayaquil (Malecón)
[09/05/2002] ; 08:45 h. ; 10077 $m^3.s^{-1}$; T1003r.000
cota media: 2,04 m.



A 1260 m. OI; n°ens: 9800

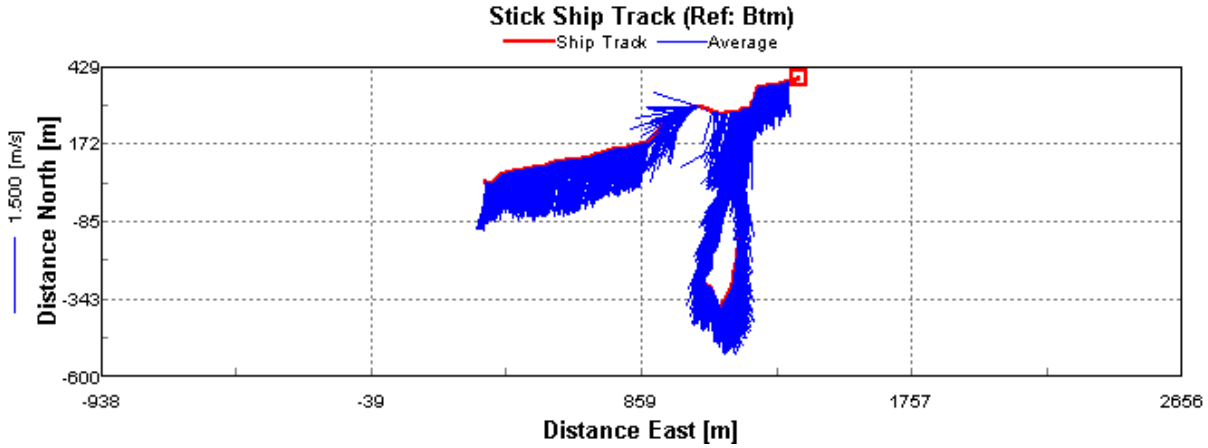


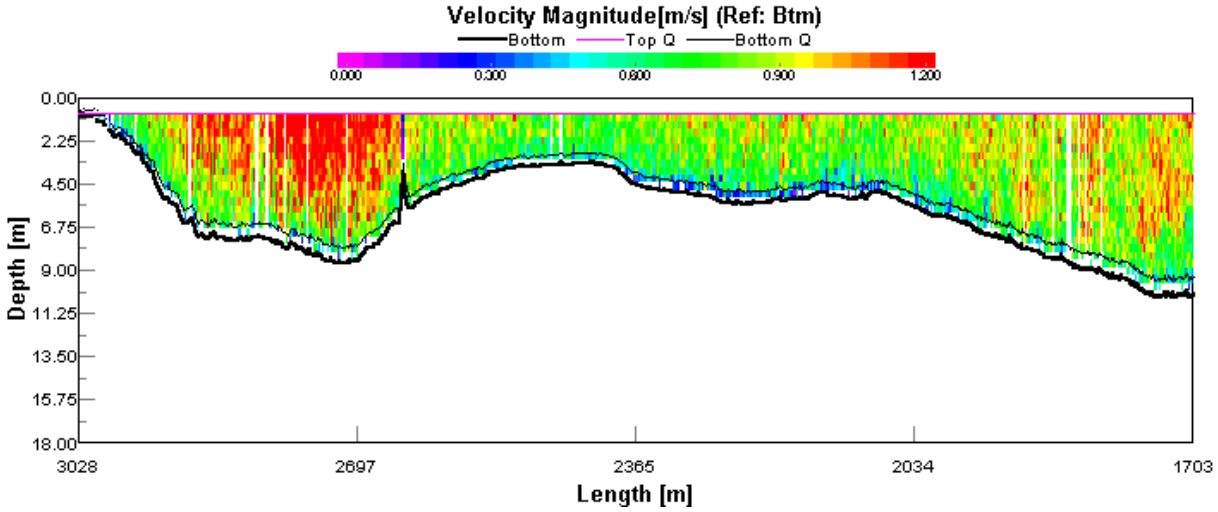
Ens. #	11384	**# Ens.**	**3531**
Lost Ens.	0	Bad Ens.	493
%Good Bins	**100%**	Delta Time	1.09

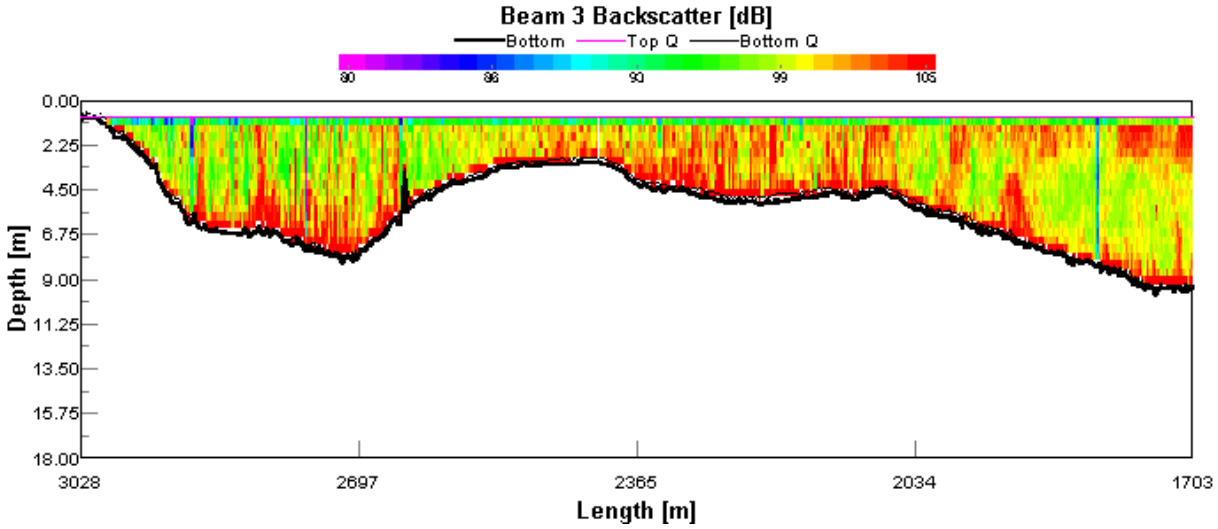
9-May-02	9:49:28.96		
Pitch	Roll	Heading	**Temp**
-10°	-3°	86°	**28°C**

Discharge (Btm) Left to Right		
Good Bins	10	
Top Q	1535.82	[m³/s]
Measured Q	7371.94	[m³/s]
Bottom Q	1164.31	[m³/s]
Left Q	5.43	[m³/s]
Right Q	9.14	[m³/s]
Total Q	10086.64	[m³/s]
Navigation (Btm)		
Boat Speed	0.773	[m/s]
Boat Course	358.25	[°]
Water Speed	**0.535**	**[m/s]**
Water Dir.	208.54	[°]
Calc. Depth	5.66	[m]
Length	4074.67	[m]
Distance MG	**1560.12**	**[m]**
Course MG	294.88	[°]
Time	3838.97	[s]

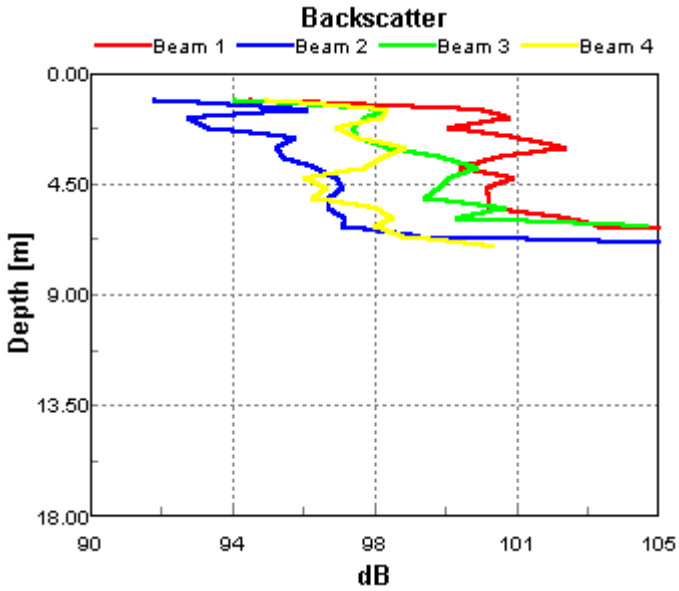
E22 – Río Guayas en Guayaquil (Malecón)
[09/05/2002] ; 09:49 h. ; 9099 $m^3.s^{-1}$; T1004r.000
cota media: 1,60 m.







A 50% de “distance MG”; n°ens: 11909

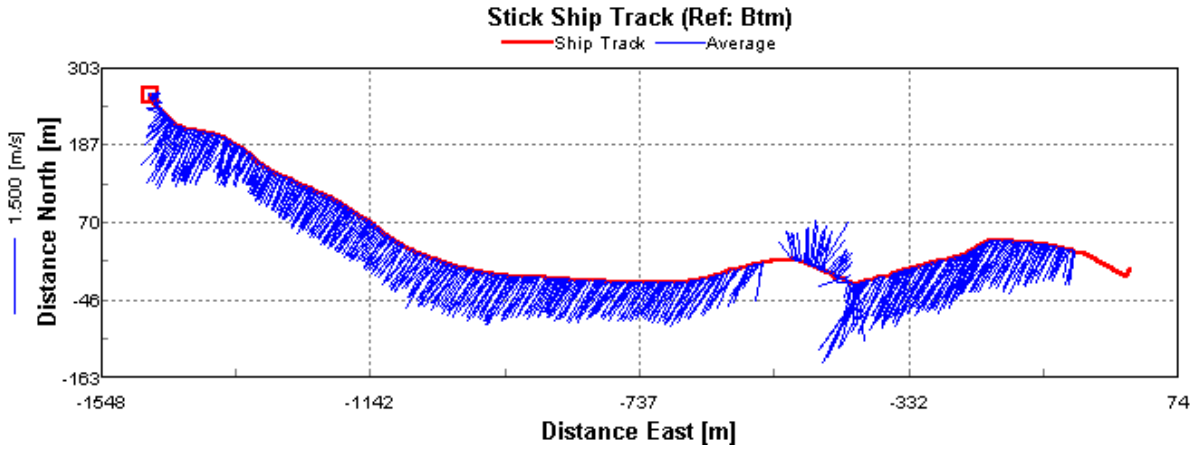


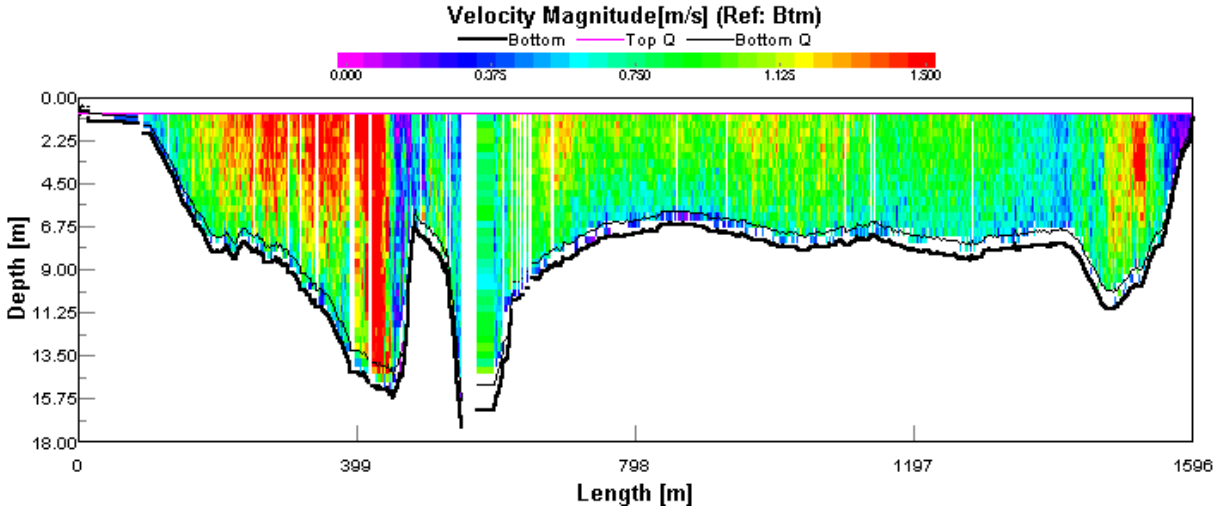
Ens. #	13656	**# Ens.**	**2254**
Lost Ens.	0	Bad Ens.	272
%Good Bins	**95%**	Delta Time	1.09

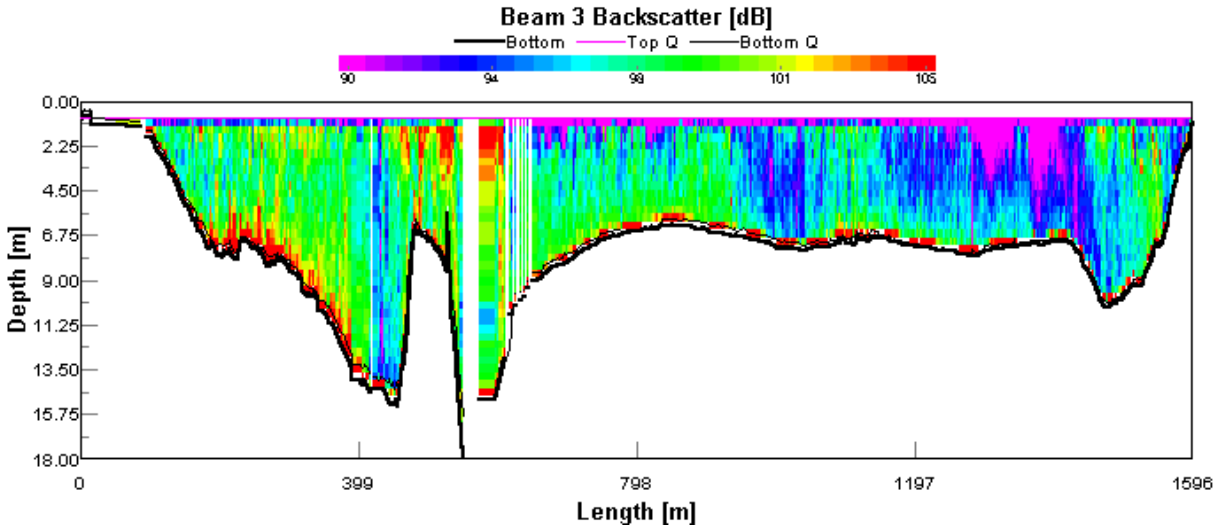
9-May-02	10:30:39.84		
Pitch	Roll	Heading	**Temp**
-14°	-4°	124°	**29°C**

Discharge (Btm) Right to Left		
Good Bins	0	
Top Q	1220.03	[m³/s]
Measured Q	6966.32	[m³/s]
Bottom Q	915.49	[m³/s]
Left Q	2.83	[m³/s]
Right Q	-2.09	[m³/s]
Total Q	9102.59	[m³/s]
Navigation (Btm)		
Boat Speed	0.614	[m/s]
Boat Course	60.06	[°]
Water Speed		**[m/s]**
Water Dir.		[°]
Calc. Depth	1.02	[m]
Length	3027.92	[m]
Distance MG	**1434.44**	**[m]**
Course MG	74.20	[°]
Time	2450.22	[s]

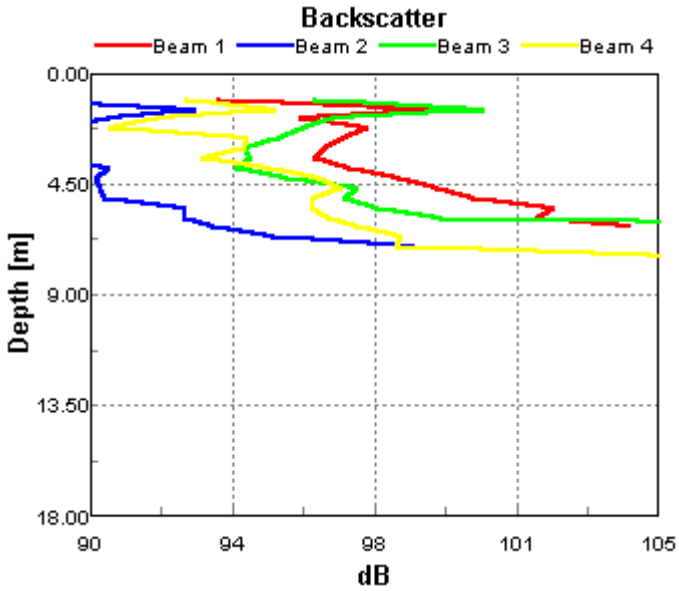
E22 – Río Guayas en Guayaquil (Malecón)
[09/05/2002] ; 10:31 h. ; 8965 $m^3.s^{-1}$; T1005r.000
cota media: 1,41 m.







A 50% de “distance MG”; n°ens: 14026

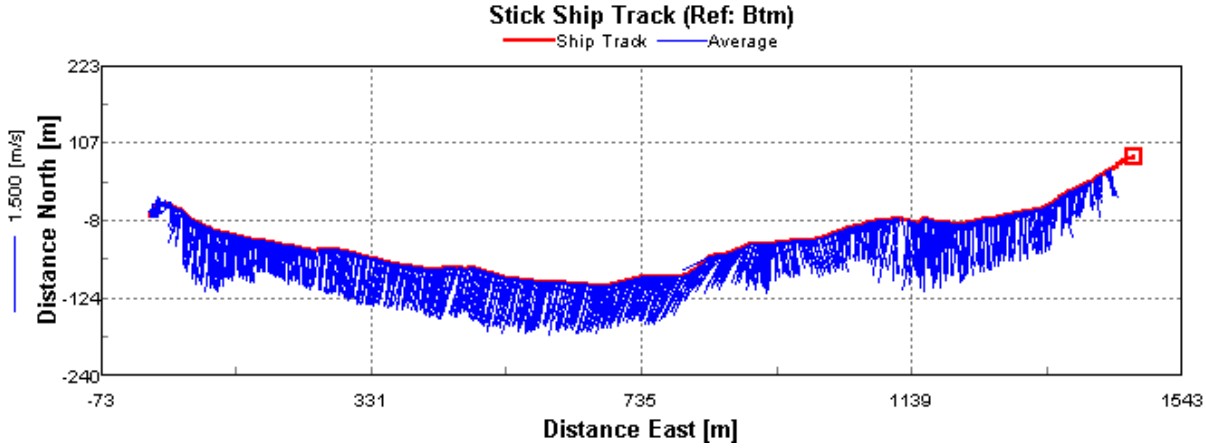


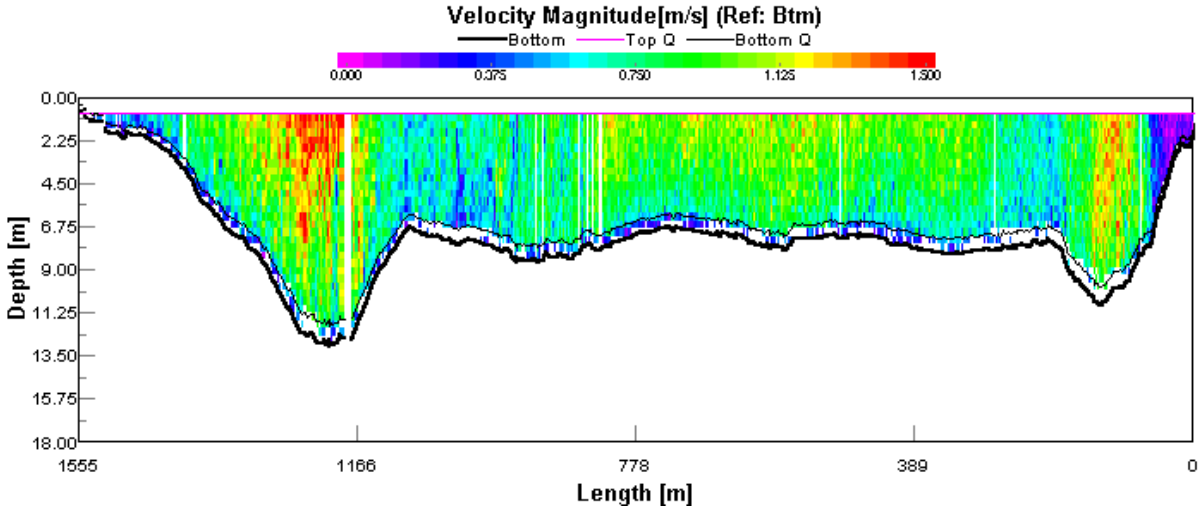
Ens. #	14347	**# Ens.**	**662**
Lost Ens.	0	Bad Ens.	143
%Good Bins	**99%**	Delta Time	1.09

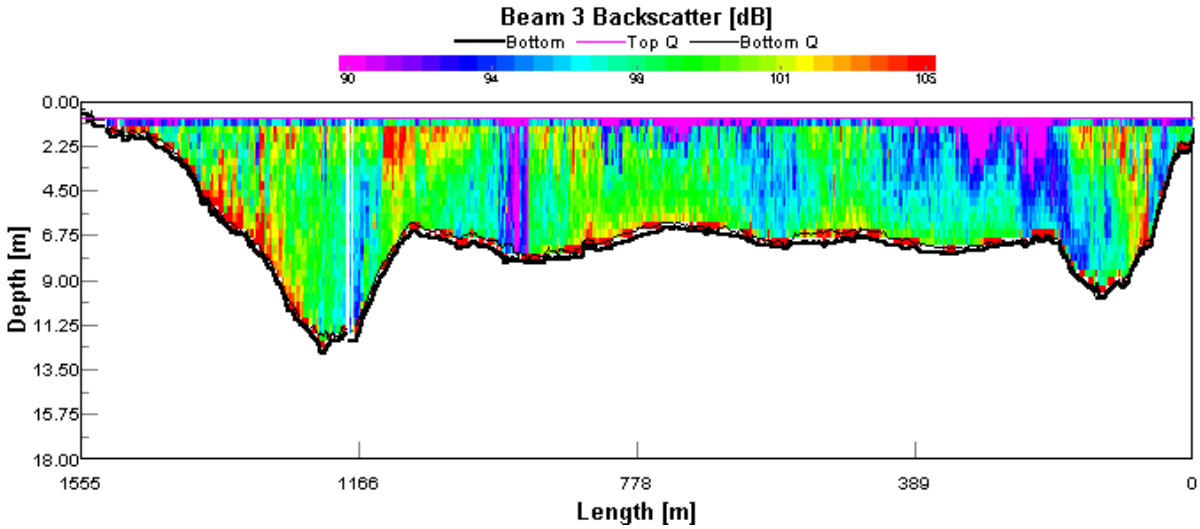
9-May-02	10:43:11.27		
Pitch	Roll	Heading	**Temp**
-9°	-5°	60°	**28°C**

Discharge (Btm) Left to Right		
Good Bins	0	
Top Q	1052.81	[m³/s]
Measured Q	7091.61	[m³/s]
Bottom Q	816.04	[m³/s]
Left Q	4.75	[m³/s]
Right Q	-1.13	[m³/s]
Total Q	8964.08	[m³/s]
Navigation (Btm)		
Boat Speed	0.184	[m/s]
Boat Course	355.85	[°]
Water Speed		[m/s]
Water Dir.		[°]
Calc. Depth	1.09	[m]
Length	1596.39	[m]
Distance MG	**1497.09**	[m]
Course MG	280.05	[°]
Time	718.81	[s]

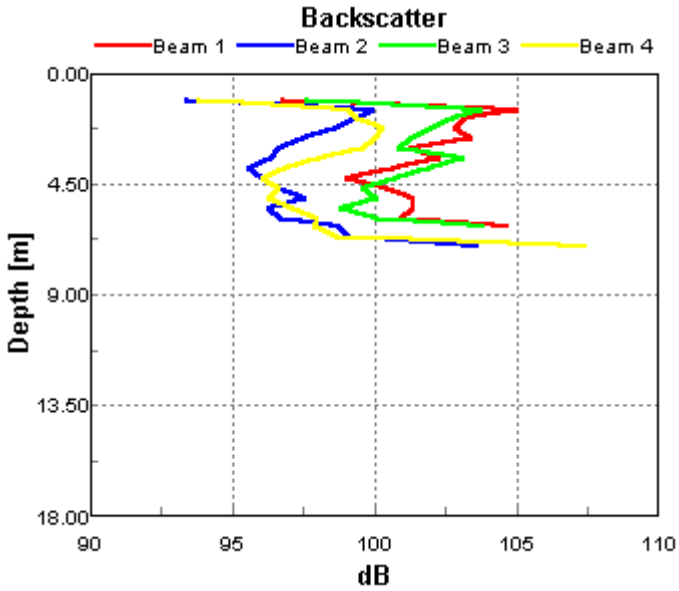
E22 – Río Guayas en Guayaquil (Malecón)
[09/05/2002] ; 10:43 h. ; 8666 $m^3.s^{-1}$; T1006r.000
cota media: 1,30 m.







A 50% de “distance MG”; n°ens: 14847

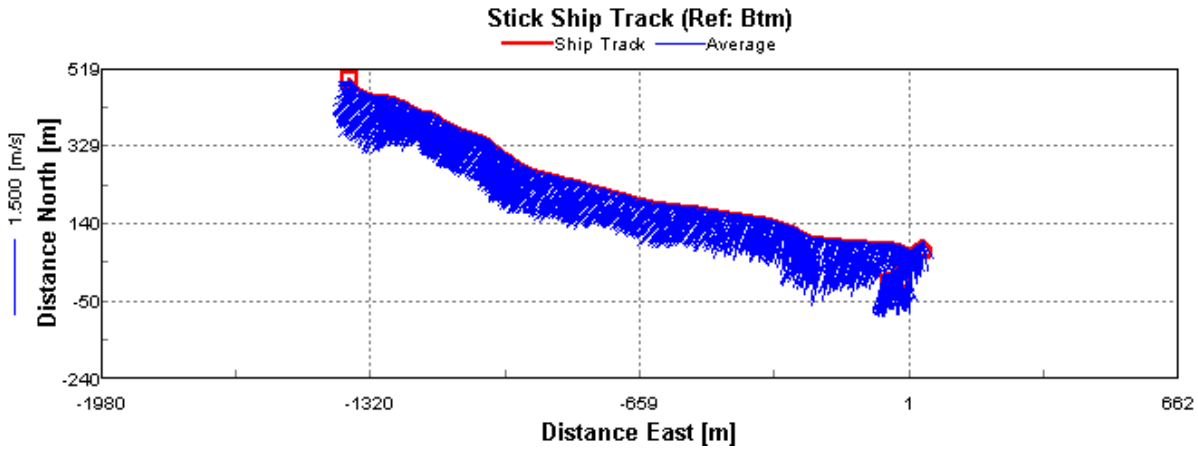


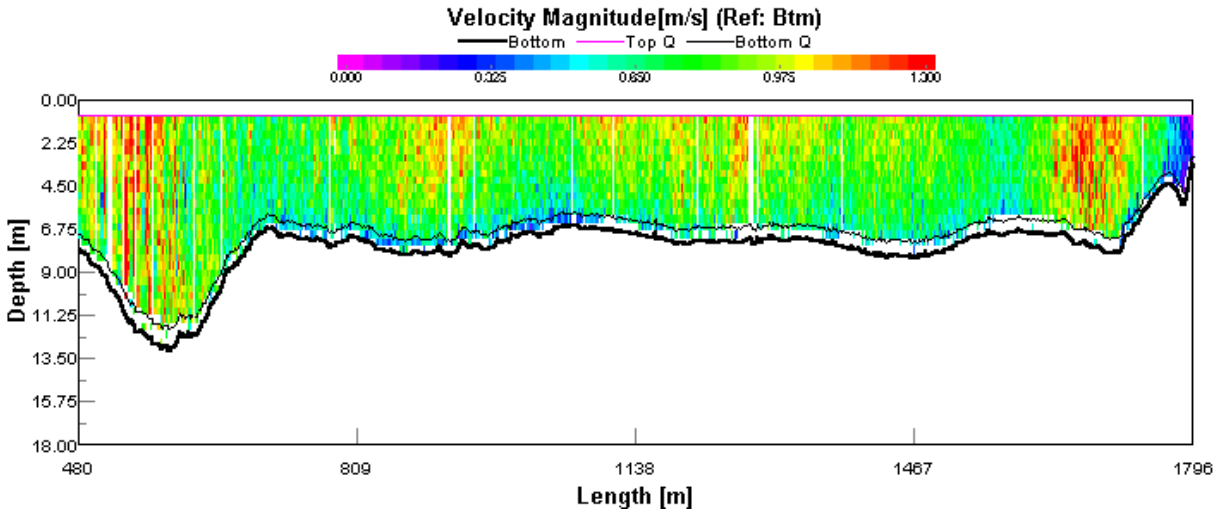
Ens. #	15285	**# Ens.**	**919**
Lost Ens.	0	Bad Ens.	68
%Good Bins	100%	Delta Time	1.09

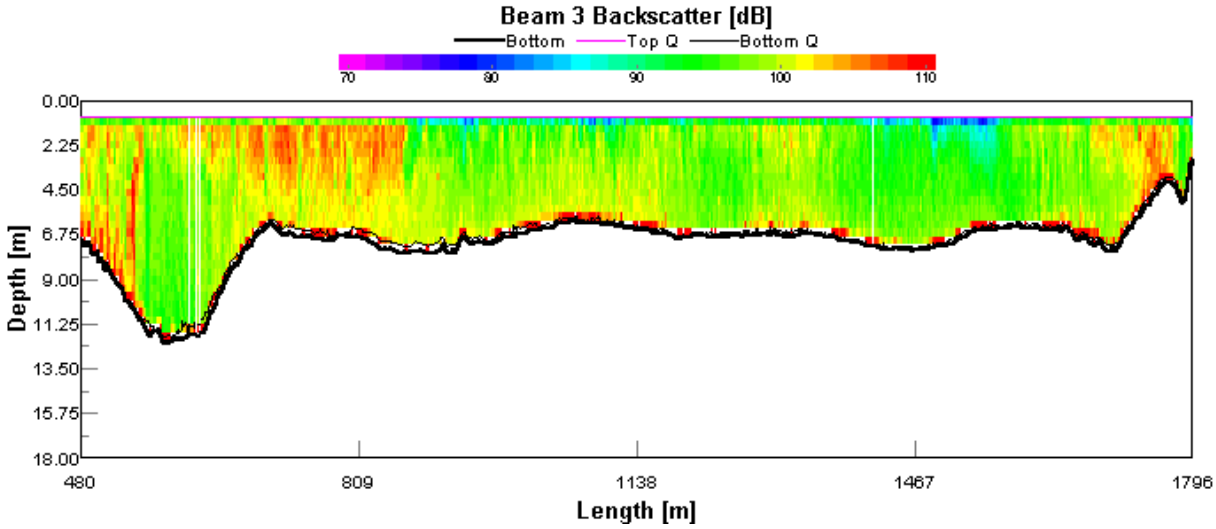
9-May-02	11:00:11.37		
Pitch	Roll	Heading	**Temp**
-9°	-6°	147°	**29°C**

Discharge (Btm) Right to Left		
Good Bins	0	
Top Q	1040.96	[m³/s]
Measured Q	6876.29	[m³/s]
Bottom Q	745.80	[m³/s]
Left Q	5.53	[m³/s]
Right Q	-1.22	[m³/s]
Total Q	8667.36	[m³/s]
Navigation (Btm)		
Boat Speed	0.204	[m/s]
Boat Course	111.82	[°]
Water Speed		[m/s]
Water Dir.		[°]
Calc. Depth	0.69	[m]
Length	1555.17	[m]
Distance MG	**1471.77**	**[m]**
Course MG	86.59	[°]
Time	998.35	[s]

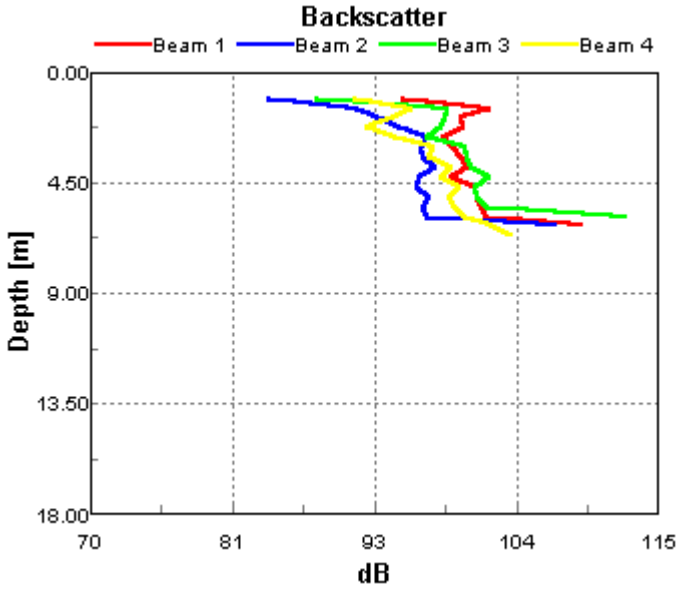
E22 – Río Guayas en Guayaquil (Malecón)
[09/05/2002] ; 11:29 h. ; 8255 $m^3.s^{-1}$; T1007r.000
cota media: 1,00 m.







A 50% de “distance MG”; n°ens: 17760

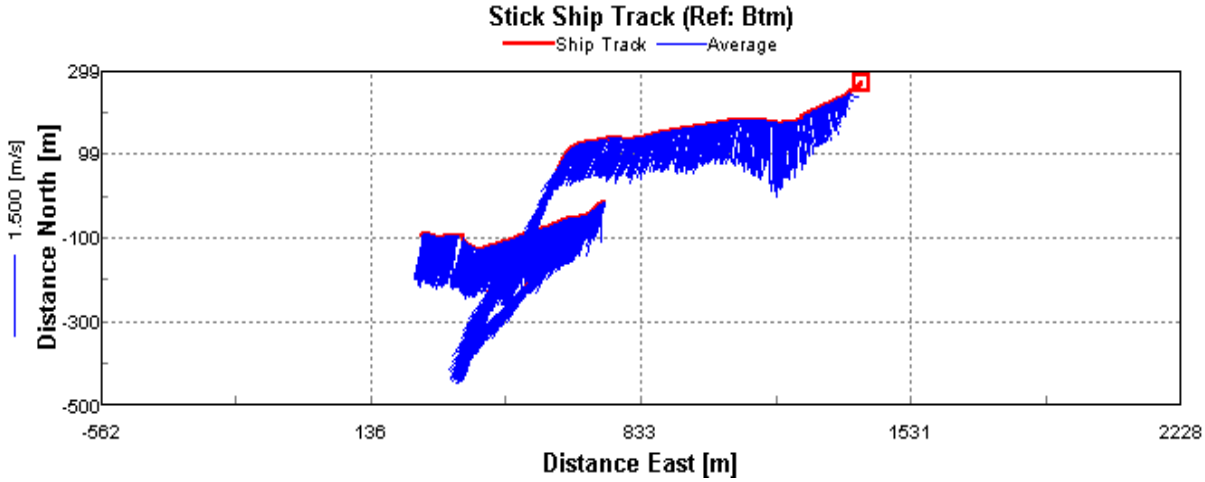


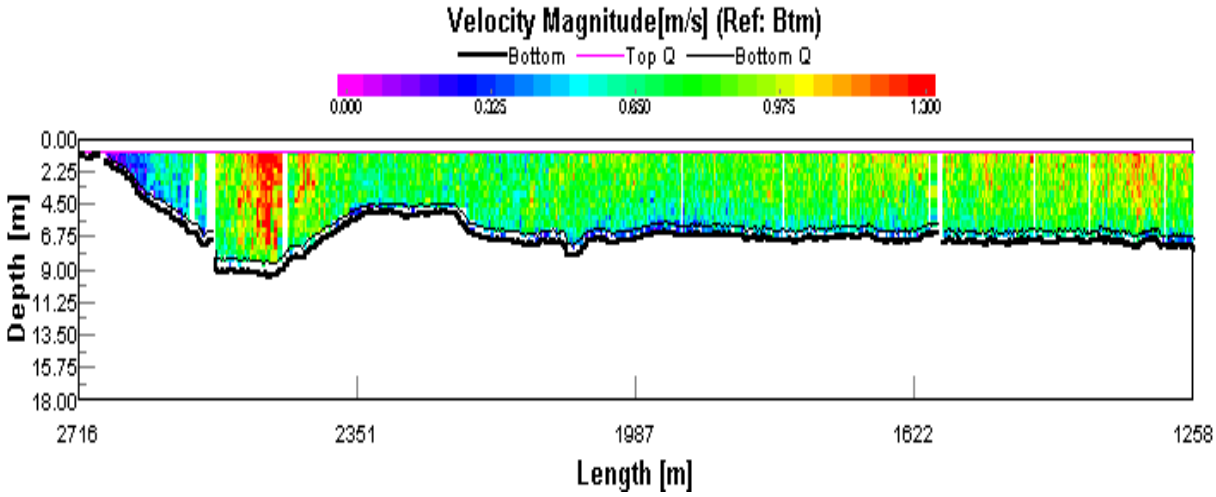
Ens. #	18280	**# Ens.**	**1374**
Lost Ens.	0	Bad Ens.	107
%Good Bins	**100%**	Delta Time	1.09

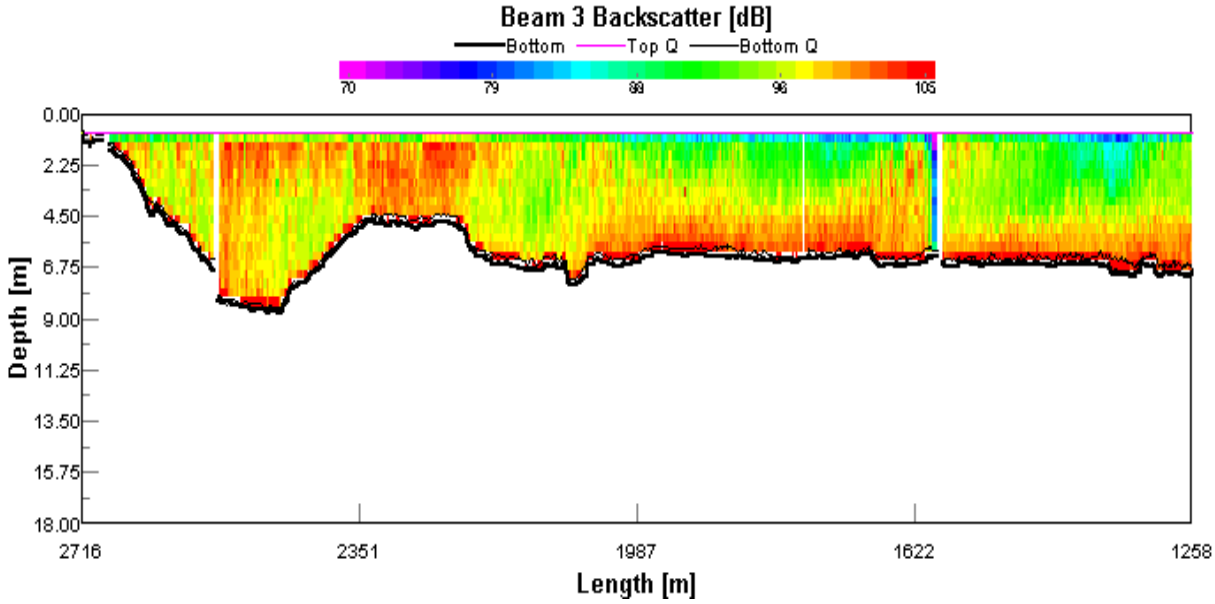
9-May-02	11:54:28.14		
Pitch	Roll	Heading	**Temp**
-11°	-4°	41°	**28°C**

Discharge (Btm) **Left to Right**		
Good Bins	5	
Top Q	1030.10	[m³/s]
Measured Q	6470.95	[m³/s]
Bottom Q	750.18	[m³/s]
Left Q	4.24	[m³/s]
Right Q	1.24	[m³/s]
Total Q	8256.71	[m³/s]
Navigation (Btm)		
Boat Speed	0.470	[m/s]
Boat Course	332.35	[°]
Water Speed	**0.055**	**[m/s]**
Water Dir.	180.42	[°]
Calc. Depth	3.40	[m]
Length	1795.90	[m]
Distance MG	**1460.04**	**[m]**
Course MG	289.76	[°]
Time	1493.20	[s]

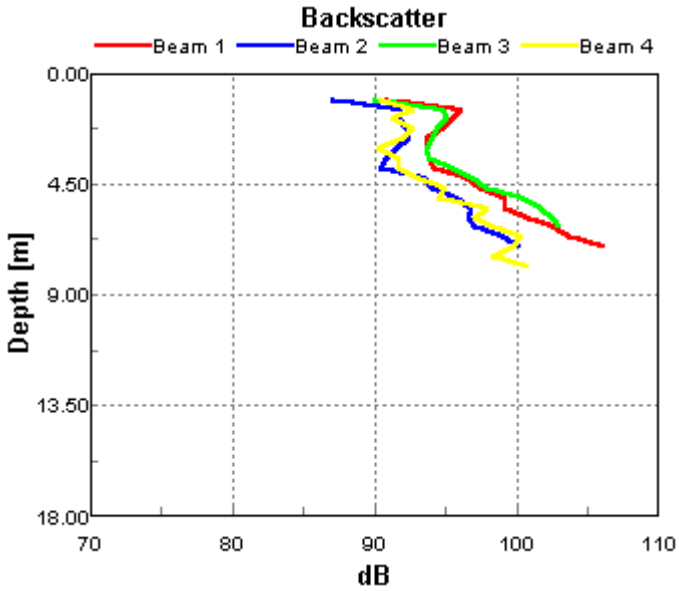
E22 – Río Guayas en Guayaquil (Malecón)
[09/05/2002] ; 11:54 h. ; 7287 $m^3.s^{-1}$; T1008r.000
cota media: 0,87 m.







A 755 m. OI; n°ens: 19500

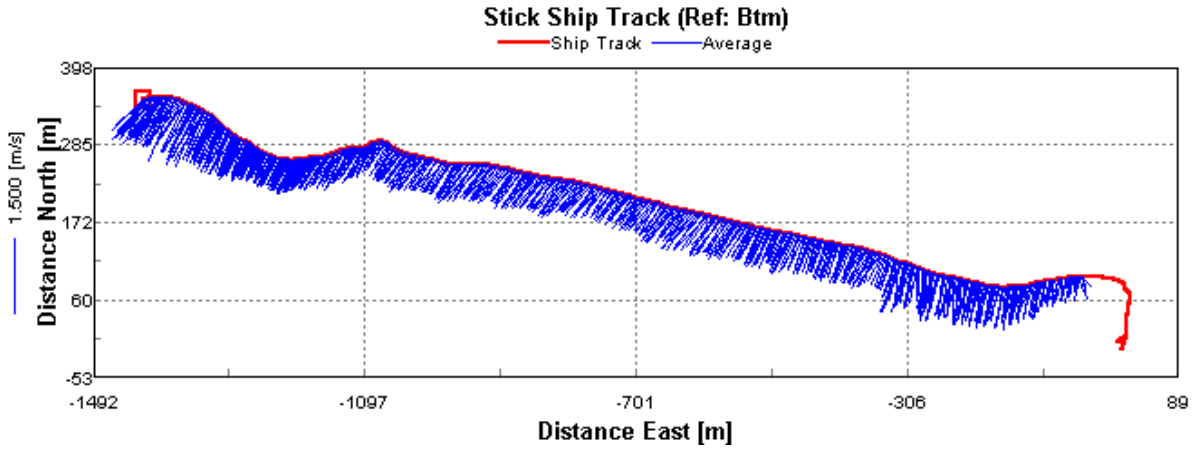


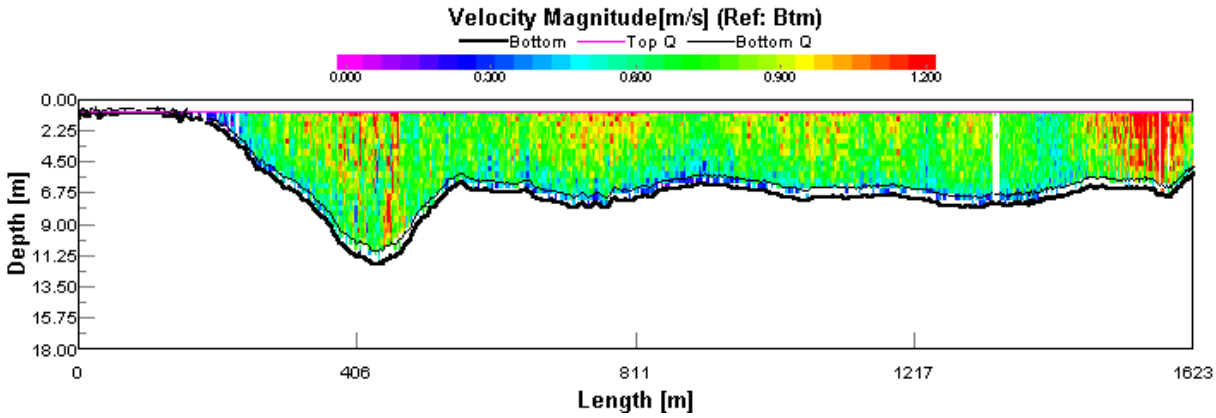
Ens. #	20649	**# Ens.**	**2343**
Lost Ens.	0	Bad Ens.	226
%Good Bins	**100%**	Delta Time	1.08

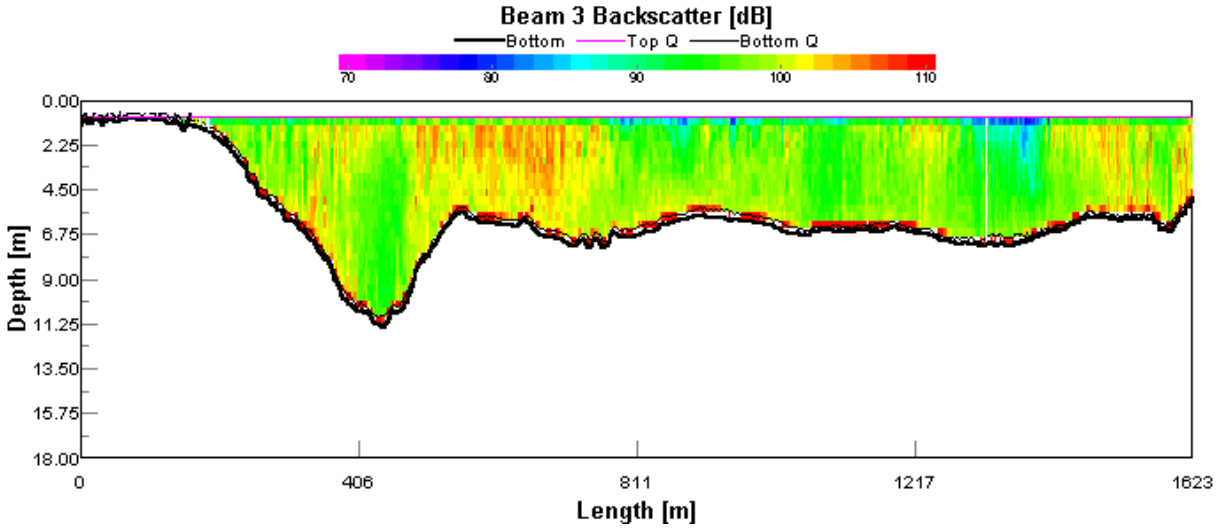
9-May-02	12:37:24.46		
Pitch	Roll	Heading	**Temp**
-11°	-5°	132°	**29°C**

Discharge (Btm) **Right to Left**		
Good Bins	0	
Top Q	1037.36	[m³/s]
Measured Q	5510.17	[m³/s]
Bottom Q	734.65	[m³/s]
Left Q	5.38	[m³/s]
Right Q	-0.55	[m³/s]
Total Q	7287.01	[m³/s]
Navigation (Btm)		
Boat Speed		[m/s]
Boat Course		[°]
Water Speed		[m/s]
Water Dir.		[°]
Calc. Depth		[m]
Length	2715.75	[m]
Distance MG	**1425.30**	**[m]**
Course MG	79.11	[°]
Time	2546.96	[s]

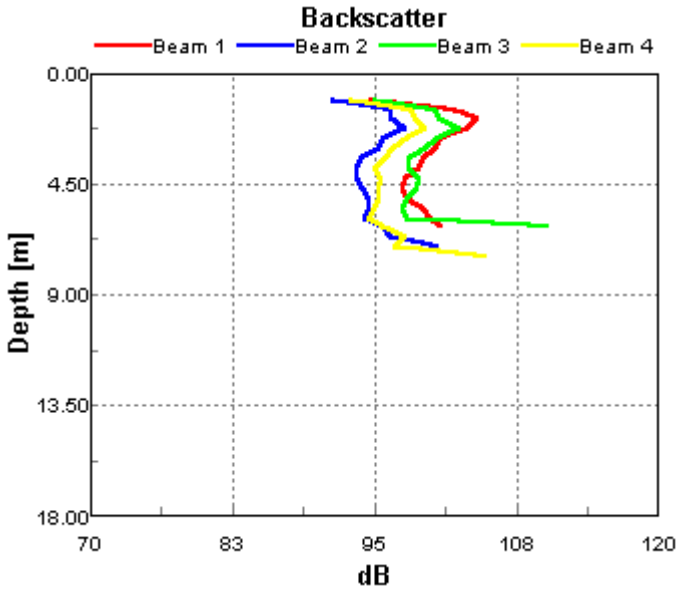
E22 – Río Guayas en Guayaquil (Malecón)
[09/05/2002] ; 12:38 h. ; 7054 $m^3.s^{-1}$; T1009r.000
cota media: 0,73 m.







A 50% de “distance MG”; n°ens: 21366

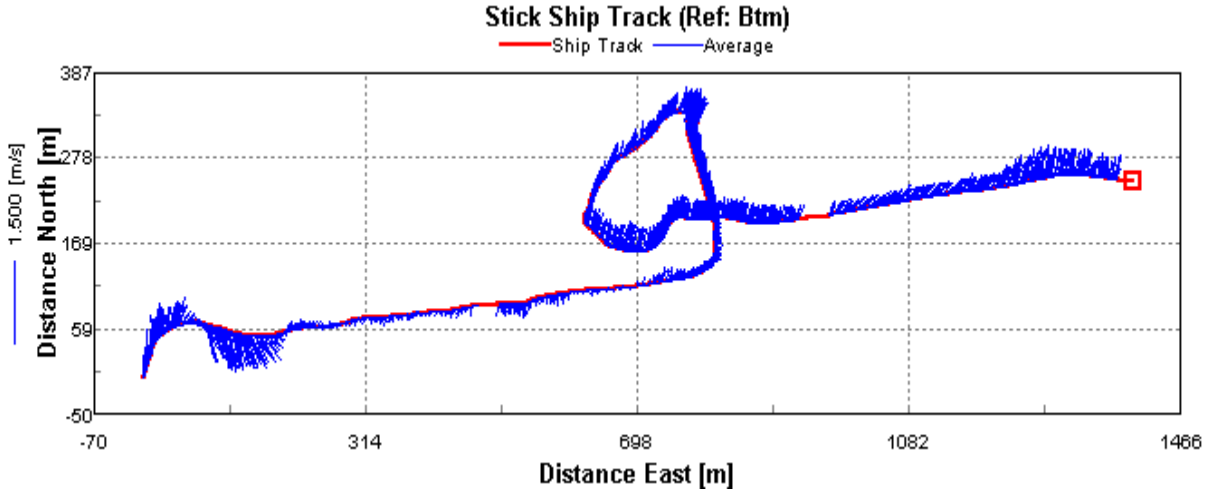


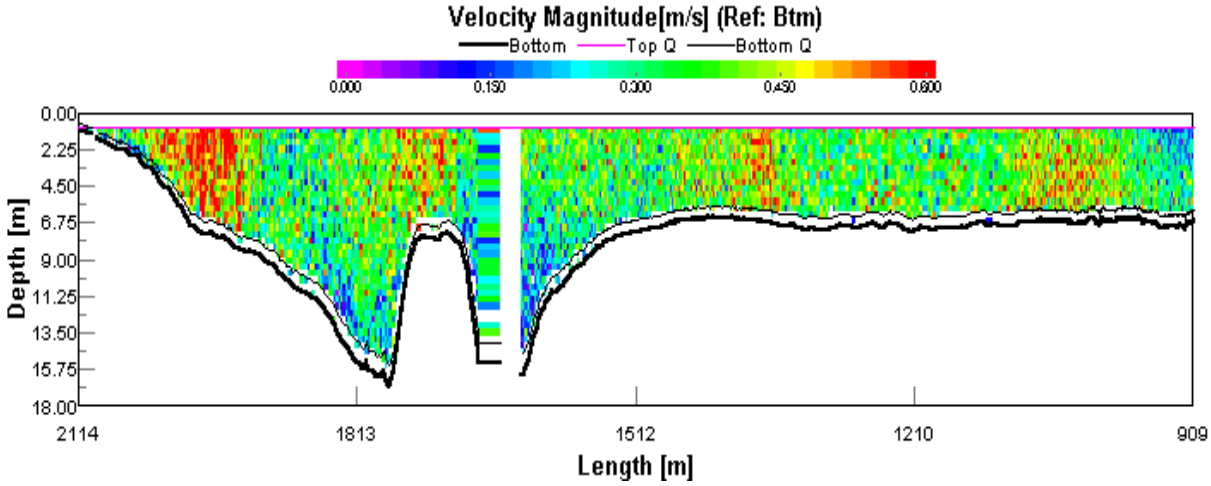
Ens. #	21645	**# Ens.**	**953**
Lost Ens.	0	Bad Ens.	245
%Good Bins	**100%**	Delta Time	1.09

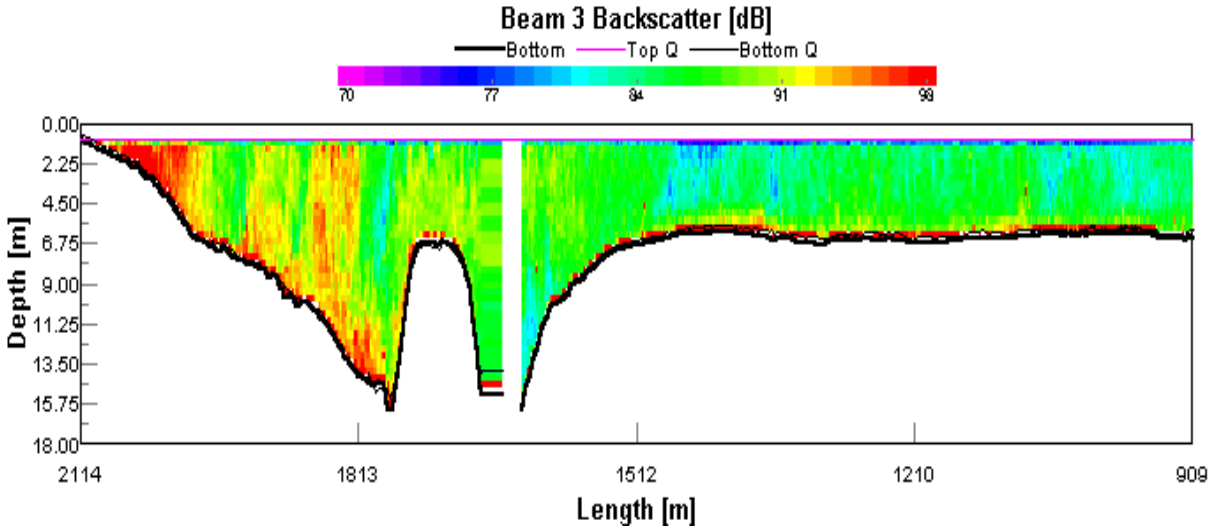
9-May-02	12:55:27.58		
Pitch	Roll	Heading	**Temp**
-11°	-3°	53°	**28°C**

Discharge (Btm) **Left to Right**		
Good Bins	9	
Top Q	995.70	[m³/s]
Measured Q	5322.95	[m³/s]
Bottom Q	679.73	[m³/s]
Left Q	6.81	[m³/s]
Right Q	48.49	[m³/s]
Total Q	7053.69	[m³/s]
Navigation (Btm)		
Boat Speed	0.710	[m/s]
Boat Course	254.40	[°]
Water Speed	0.769	[m/s]
Water Dir.	224.54	[°]
Calc. Depth	5.33	[m]
Length	1622.83	[m]
Distance MG	**1463.18**	**[m]**
Course MG	283.96	[°]
Time	1035.28	[s]

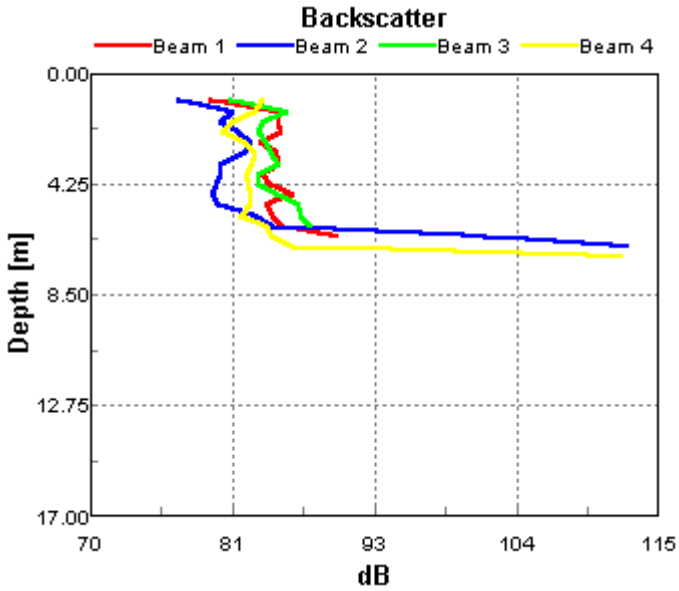
E22 – Río Guayas en Guayaquil (Malecón)
[09/05/2002] ; 13:31 h. ; **-1050** $m^3.s^{-1}$; T1010r.000
cota media: 1,34 m.







A 590 m. OI; ens.n° 24635

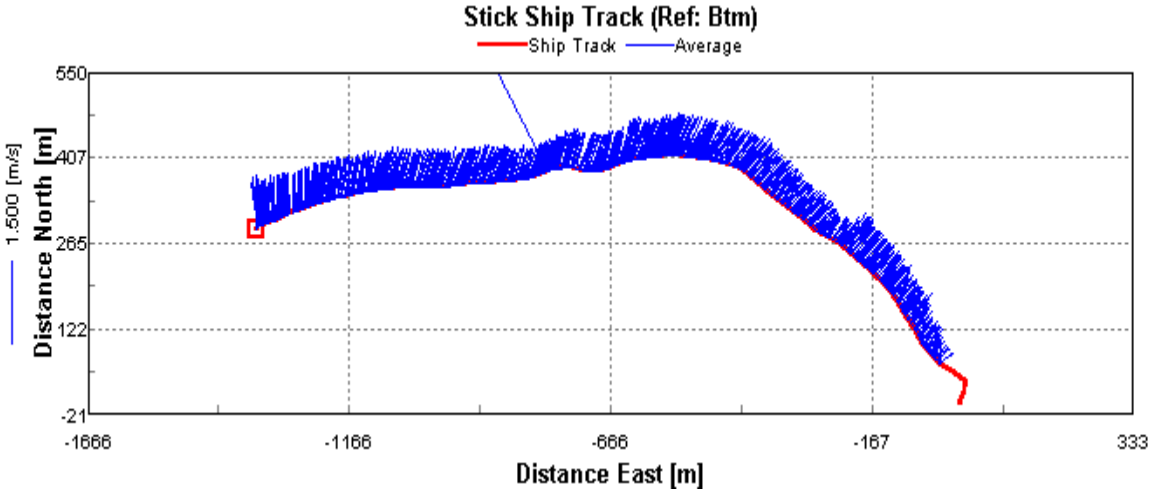


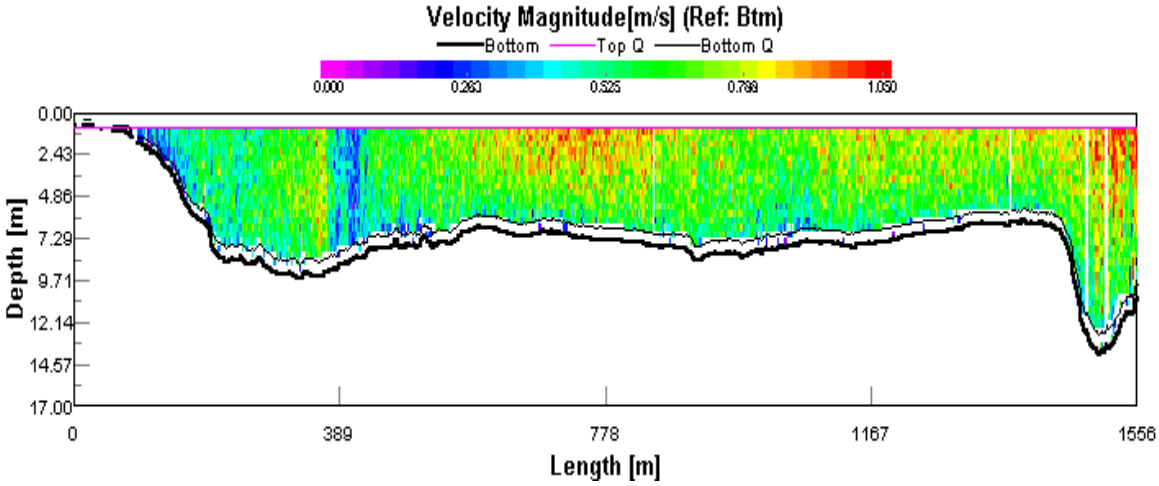
Ens. #	25638	**# Ens.**	**2030**
Lost Ens.	0	Bad Ens.	81
%Good Bins	**100%**	Delta Time	1.09

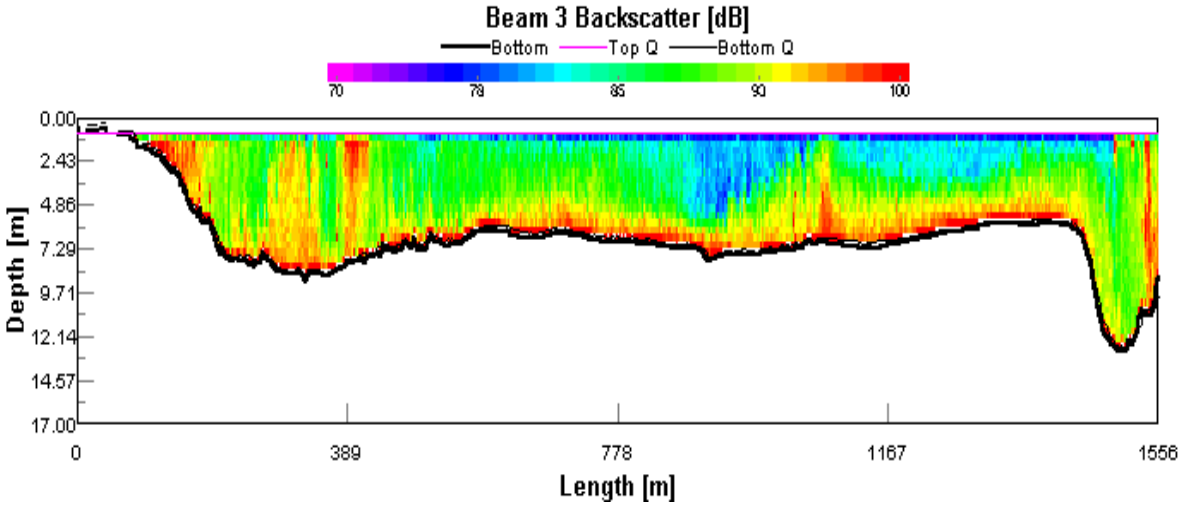
9-May-02	14:07:49.96		
Pitch	Roll	Heading	**Temp**
-11°	-3°	192°	**29°C**

Discharge (Btm) **Right to Left**		
Good Bins	0	
Top Q	-129.32	[m³/s]
Measured Q	-812.27	[m³/s]
Bottom Q	-96.59	[m³/s]
Left Q	-3.77	[m³/s]
Right Q	-8.23	[m³/s]
Total Q	-1050.17	[m³/s]
Navigation (Btm)		
Boat Speed	0.842	[m/s]
Boat Course	90.80	[°]
Water Speed		[m/s]
Water Dir.		[°]
Calc. Depth	0.95	[m]
Length	2114.21	[m]
Distance MG	**1418.18**	**[m]**
Course MG	79.92	[°]
Time	2206.51	[s]

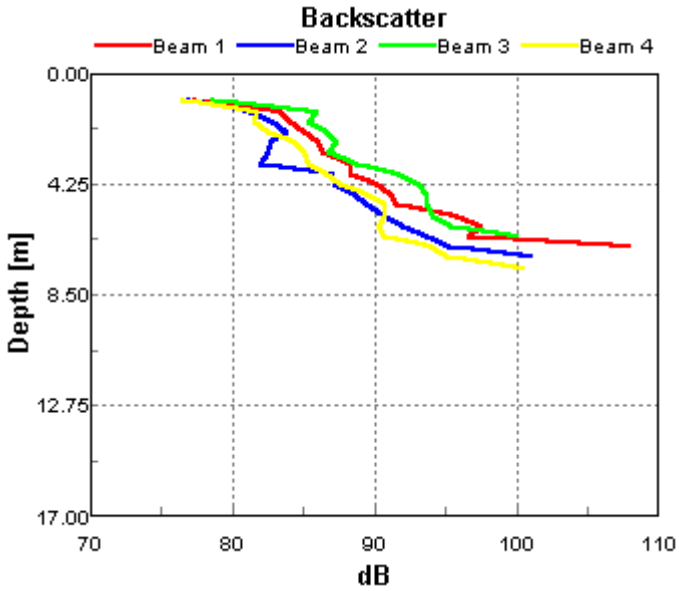
E22 – Río Guayas en Guayaquil (Malecón)
[09/05/2002] ; 14:08 h. ; **-6673** $m^3.s^{-1}$; T1011r.000
cota media: 1,95 m.







A 50% de “distance MG”; n°ens: 26178

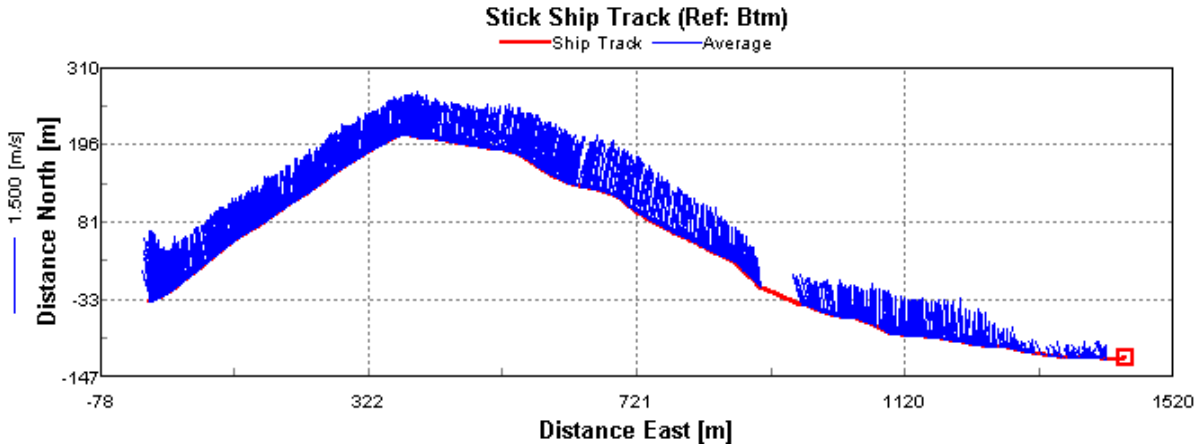


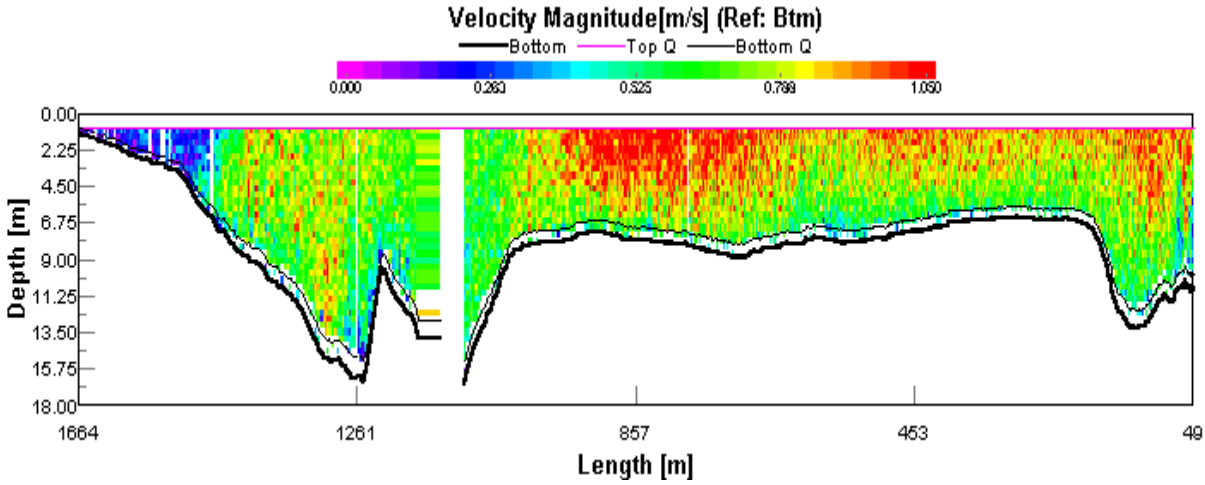
Ens. #	26622	**# Ens.**	**952**
Lost Ens.	0	Bad Ens.	124
%Good Bins	**99%**	Delta Time	1.08

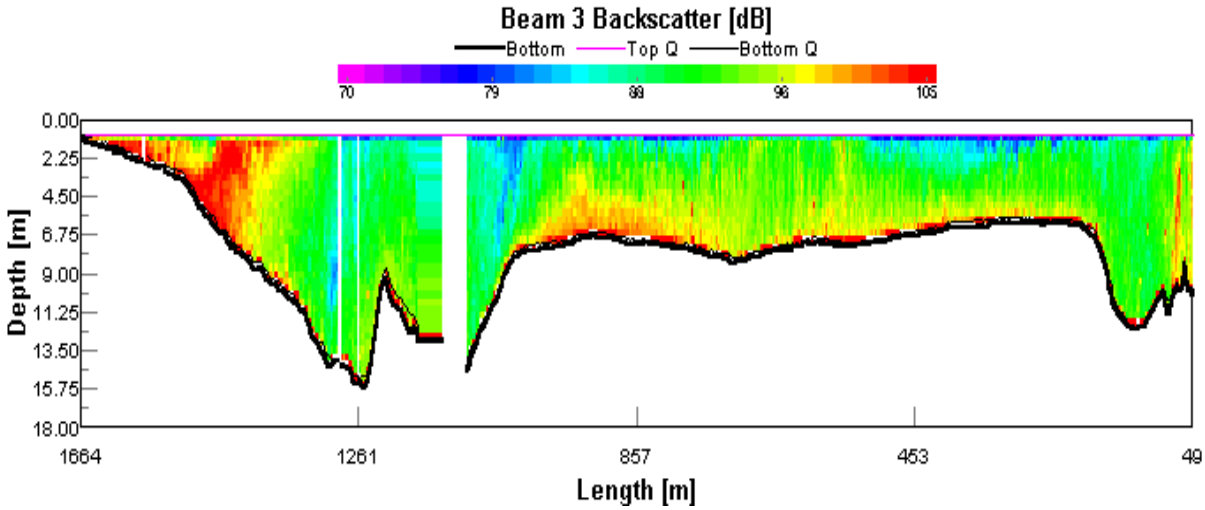
9-May-02	14:25:40.02		
Pitch	Roll	Heading	**Temp**
-12°	-6°	257°	**28°C**

Discharge (Btm) **Left to Right**		
Good Bins	19	
Top Q	-855.54	[m³/s]
Measured Q	-5124.50	[m³/s]
Bottom Q	-621.88	[m³/s]
Left Q	-3.80	[m³/s]
Right Q	-67.00	[m³/s]
Total Q	-6672.71	[m³/s]
Navigation (Btm)		
Boat Speed	0.278	[m/s]
Boat Course	177.77	[°]
Water Speed	**0.919**	**[m/s]**
Water Dir.	3.10	[°]
Calc. Depth	10.73	[m]
Length	1556.12	[m]
Distance MG	**1375.54**	**[m]**
Course MG	282.10	[°]
Time	1034.18	[s]

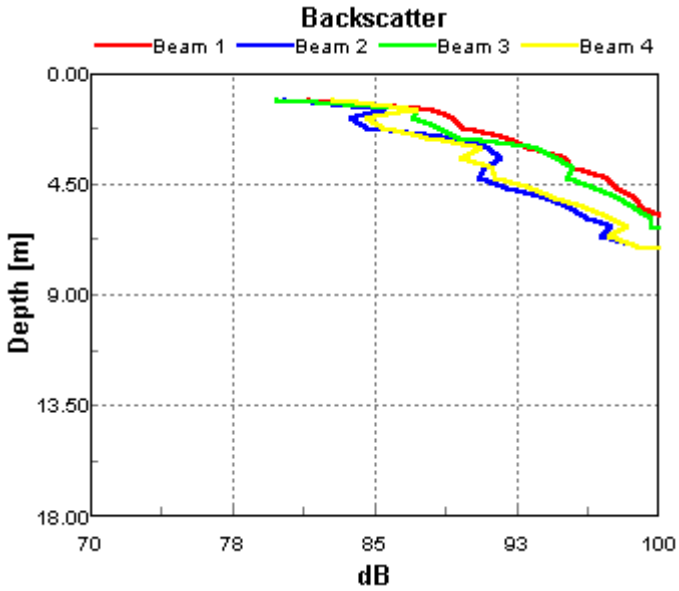
E22 – Río Guayas en Guayaquil (Malecón)
[09/05/2002] ; 14:26 h. ; **-8628** $m^3.s^{-1}$; T1012r.000
cota media: 2,27 m.







A 50% de “distance MG”; n°ens: 27450

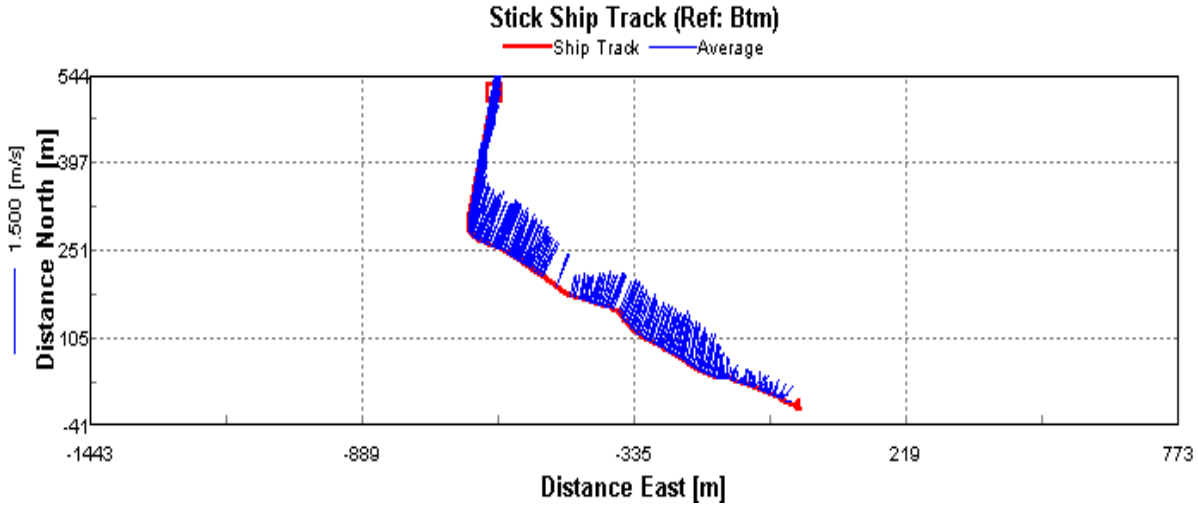


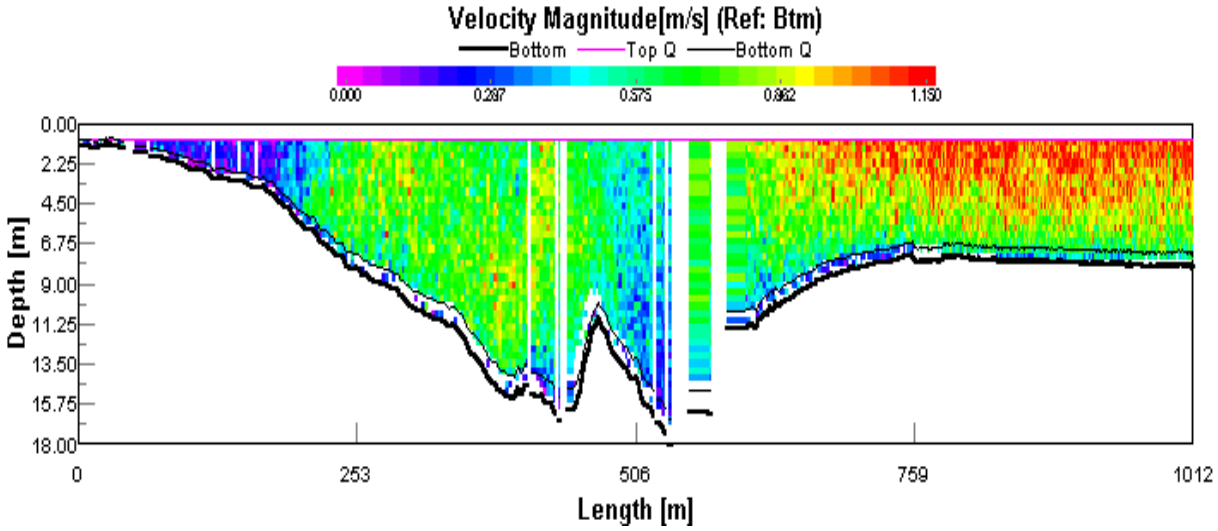
Ens. #	27825	**# Ens.**	**1182**
Lost Ens.	0	Bad Ens.	86
%Good Bins	**99%**	Delta Time	1.09

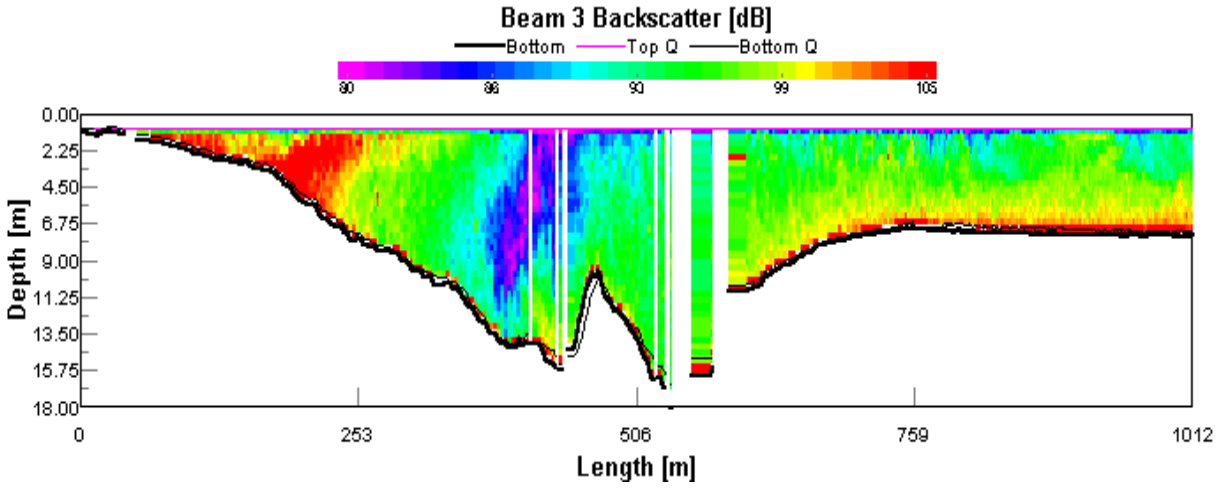
9-May-02	14:47:28.34		
Pitch	Roll	Heading	**Temp**
-8°	-3°	191°	**29°C**

Discharge (Btm) **Right to Left**		
Good Bins	0	
Top Q	-915.95	[m³/s]
Measured Q	-6907.80	[m³/s]
Bottom Q	-736.73	[m³/s]
Left Q	-3.72	[m³/s]
Right Q	-67.32	[m³/s]
Total Q	-8631.52	[m³/s]
Navigation (Btm)		
Boat Speed	0.443	[m/s]
Boat Course	49.71	[°]
Water Speed		[m/s]
Water Dir.		[°]
Calc. Depth	1.19	[m]
Length	1664.48	[m]
Distance MG	**1451.83**	**[m]**
Course MG	94.61	[°]
Time	1284.39	[s]

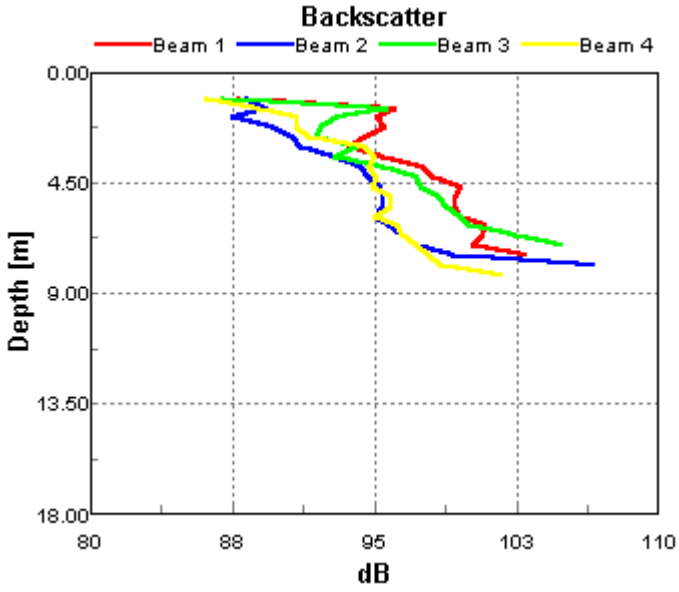
E22 – Río Guayas en Guayaquil (Malecón)
[09/05/2002] ; 14:49 h. ; **-10161** $m^3.s^{-1}$; T1013r.000
cota media: 2,49 m.







A 750 m. de OI; ens.n°28454

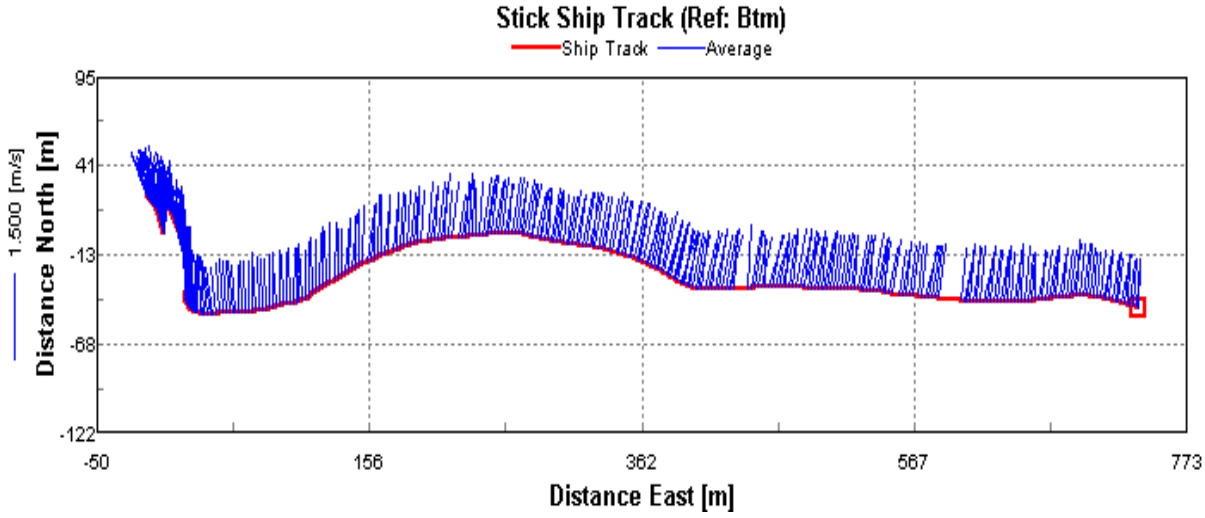


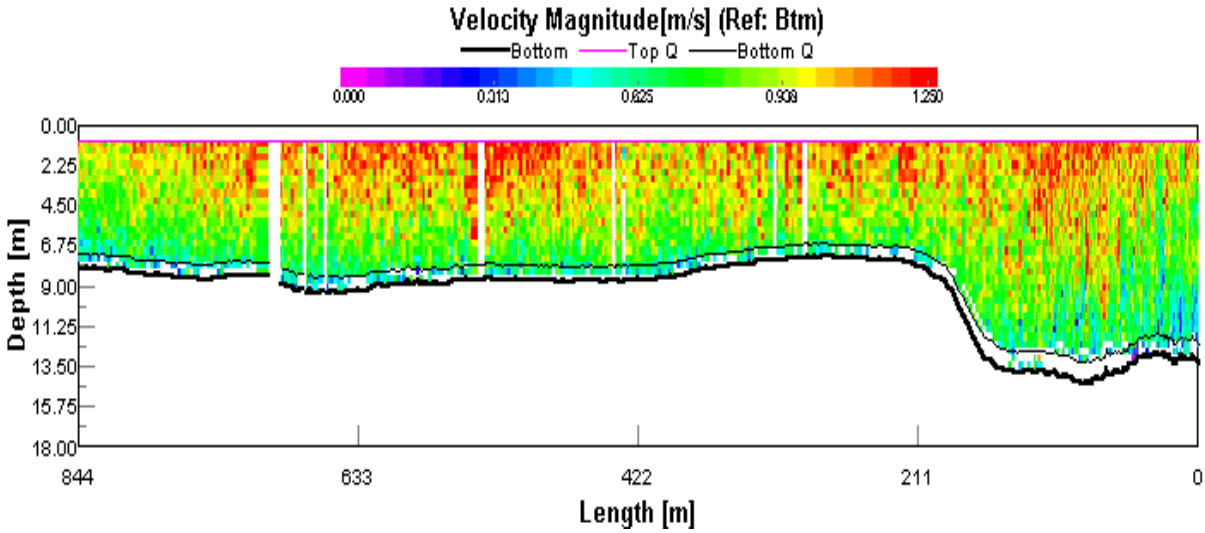
Ens. #	30185	**# Ens.**	**791**
Lost Ens.	0	Bad Ens.	108
%Good Bins	**99%**	Delta Time	1.09

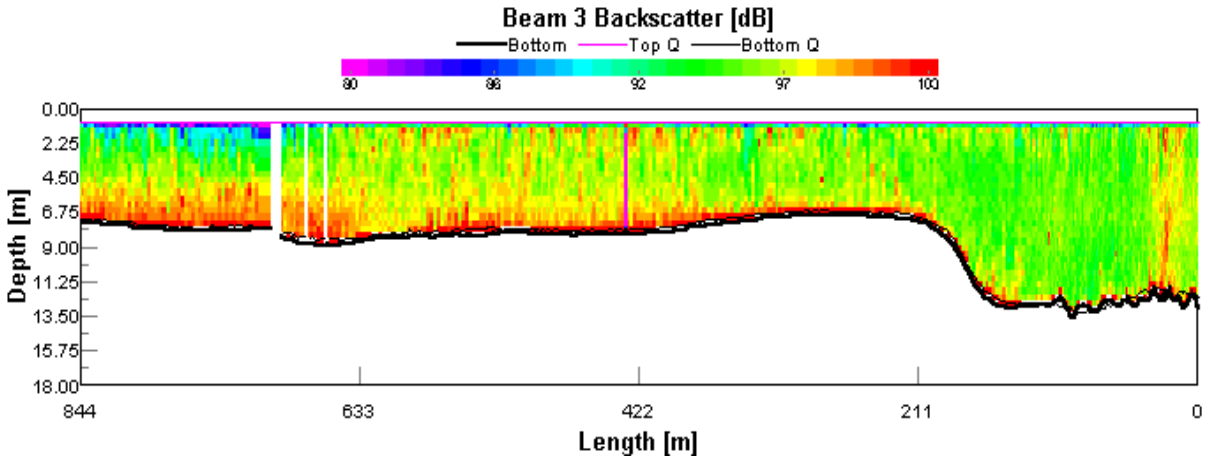
9-May-02	15:30:14.89		
Pitch	Roll	Heading	**Temp**
-8°	-2°	142°	**29°C**

Discharge (Btm) **Right to Left**		
Good Bins	0	
Top Q	-998.31	[m³/s]
Measured Q	-8066.60	[m³/s]
Bottom Q	-802.31	[m³/s]
Left Q	-4.44	[m³/s]
Right Q	-69.81	[m³/s]
Total Q	-9941.48	[m³/s]
Navigation (Btm)		
Boat Speed	0.252	[m/s]
Boat Course	245.66	[°]
Water Speed		**[m/s]**
Water Dir.		[°]
Calc. Depth	0.88	[m]
Length	1620.57	[m]
Distance MG	**1476.18**	**[m]**
Course MG	96.78	[°]
Time	859.11	[s]

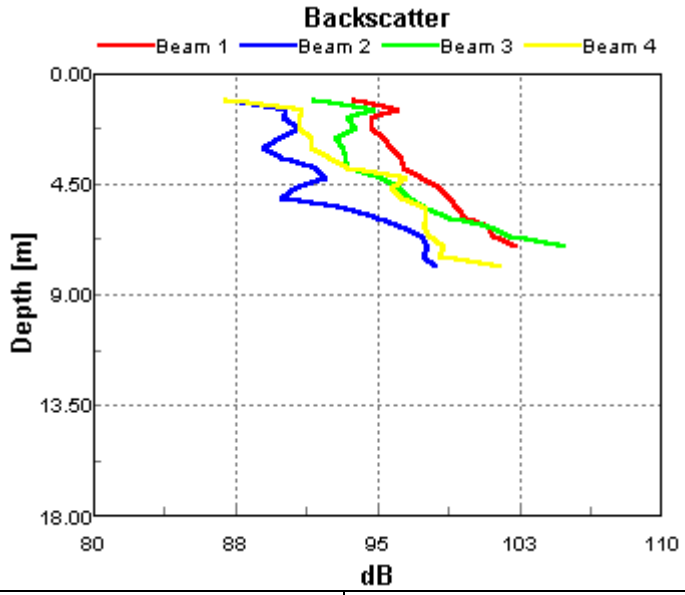
E22 – Río Guayas en Guayaquil (Malecón)
[09/05/2002] ; 15:15 h. ; **-9940** $m^3.s^{-1}$; T1014r.000
cota media: 2,95 m.







A 50% de “distance MG”; n°ens: 29790

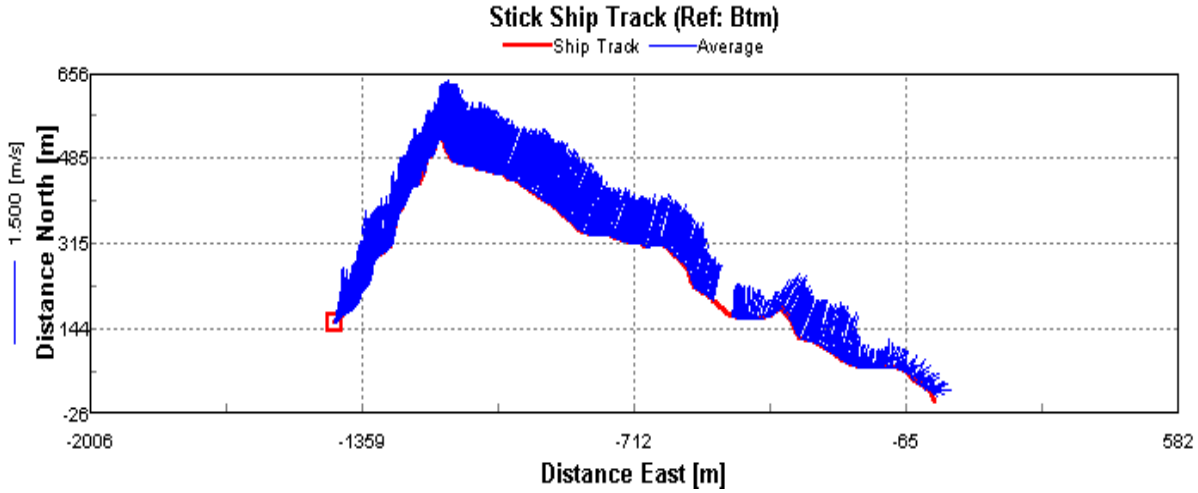


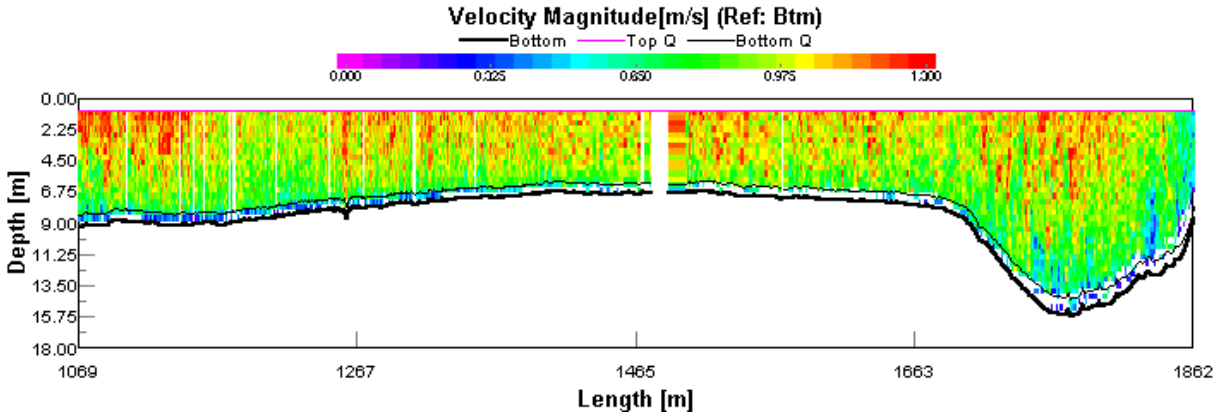
Ens. #	30185	**# Ens.**	**791**
Lost Ens.	0	Bad Ens.	108
%Good Bins	**99%**	Delta Time	1.09

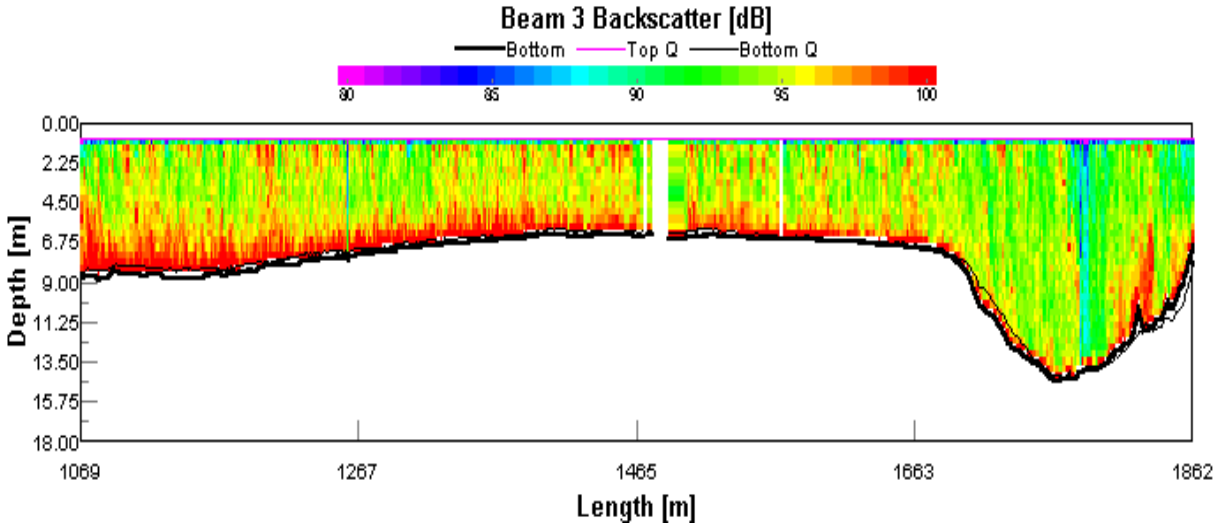
9-May-02	15:30:14.89		
Pitch	Roll	Heading	**Temp**
-8°	-2°	142°	**29°C**

Discharge (Btm) **Right to Left**		
Good Bins	0	
Top Q	-998.31	[m³/s]
Measured Q	-8066.60	[m³/s]
Bottom Q	-802.31	[m³/s]
Left Q	-4.44	[m³/s]
Right Q	-69.81	[m³/s]
Total Q	-9941.48	[m³/s]
Navigation (Btm)		
Boat Speed	0.252	[m/s]
Boat Course	245.66	[°]
Water Speed		[m/s]
Water Dir.		[°]
Calc. Depth	0.88	[m]
Length	1620.57	[m]
Distance MG	**1476.18**	**[m]**
Course MG	96.78	[°]
Time	859.11	[s]

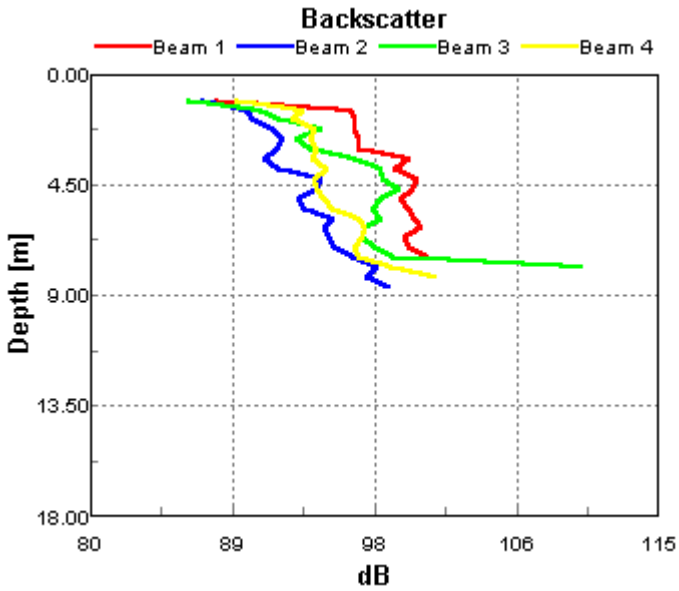
E22 – Río Guayas en Guayaquil (Malecón)
[09/05/2002] ; 15:52 h. ; **-10352** $m^3.s^{-1}$; T1015r.000
cota media: 3,52 m.







A 50% de “distance MG”; n°ens: 31972

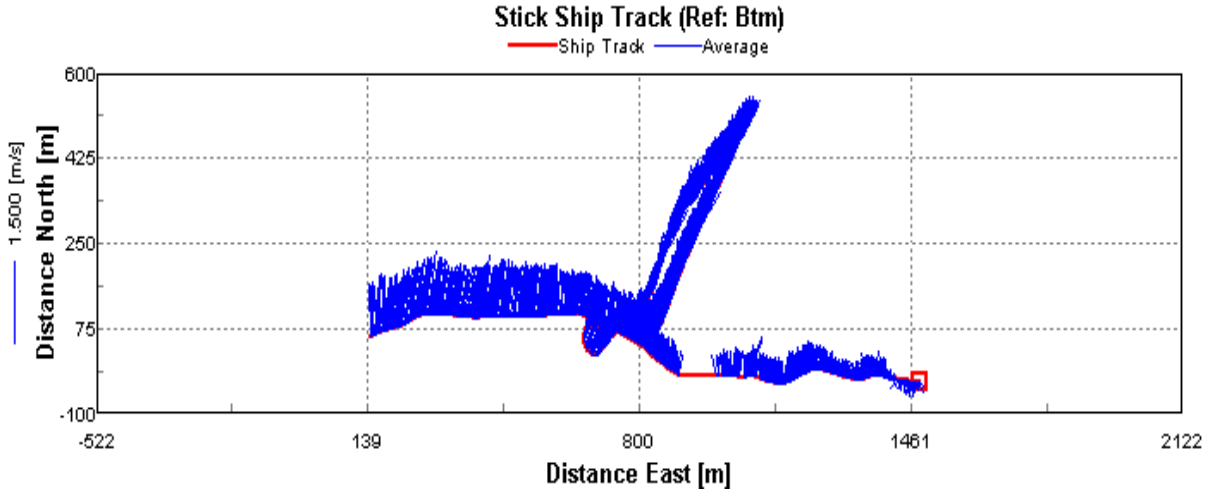


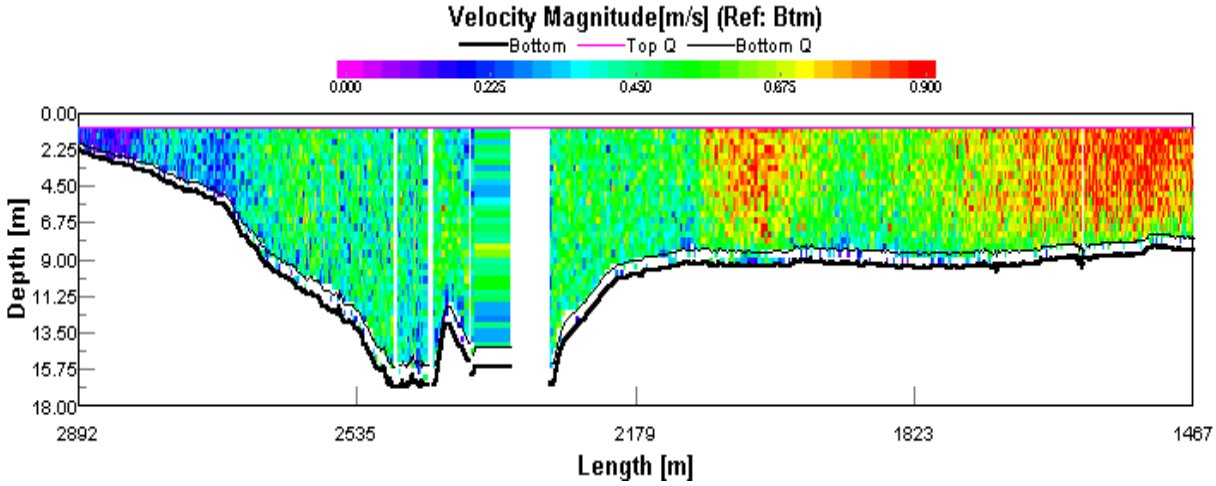
Ens. #	33216	**# Ens.**	**1829**
Lost Ens.	0	Bad Ens.	193
%Good Bins	**99%**	Delta Time	1.09

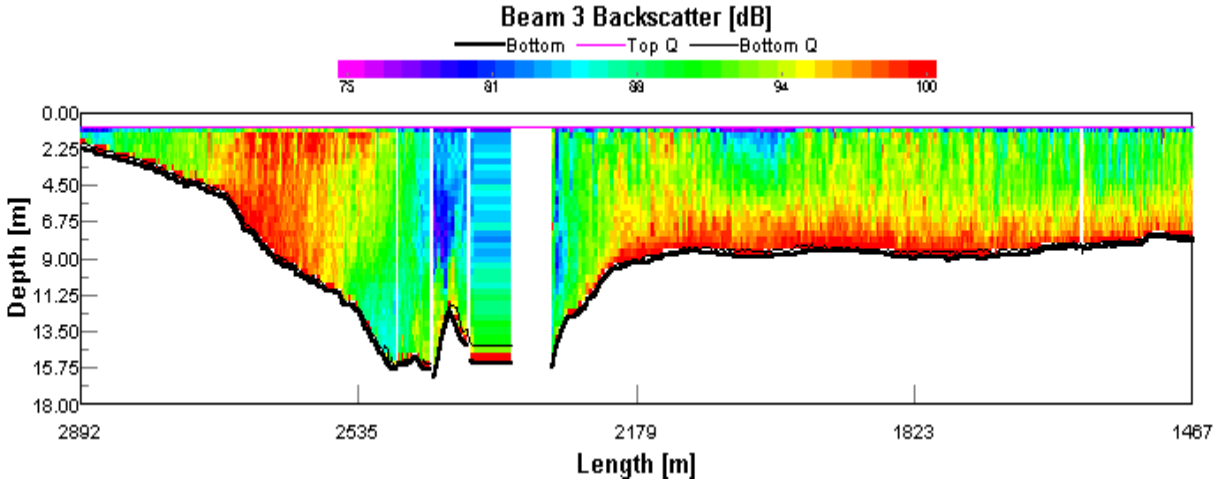
9-May-02	16:25:10.59		
Pitch	Roll	Heading	**Temp**
-11°	-7°	291°	**28°C**

Discharge (Btm) **Left to Right**		
Good Bins	15	
Top Q	-1062.43	[m³/s]
Measured Q	-8436.42	[m³/s]
Bottom Q	-847.96	[m³/s]
Left Q	13.22	[m³/s]
Right Q	-18.31	[m³/s]
Total Q	-10351.90	[m³/s]
Navigation (Btm)		
Boat Speed	0.748	[m/s]
Boat Course	242.70	[°]
Water Speed	**0.532**	**[m/s]**
Water Dir.	19.67	[°]
Calc. Depth	8.58	[m]
Length	1861.68	[m]
Distance MG	**1432.99**	**[m]**
Course MG	276.32	[°]
Time	1988.00	[s]

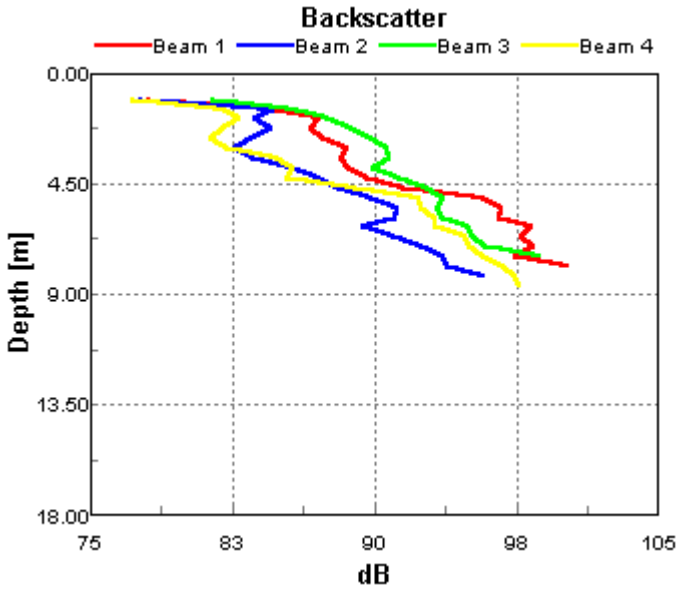
E22 – Río Guayas en Guayaquil (Malecón)
[09/05/2002] ; 16:26 h. ; **-9603** $m^3.s^{-1}$; T1016r.000
cota media: 3,74 m.







A 640 m. de OI; n°ens: 34070

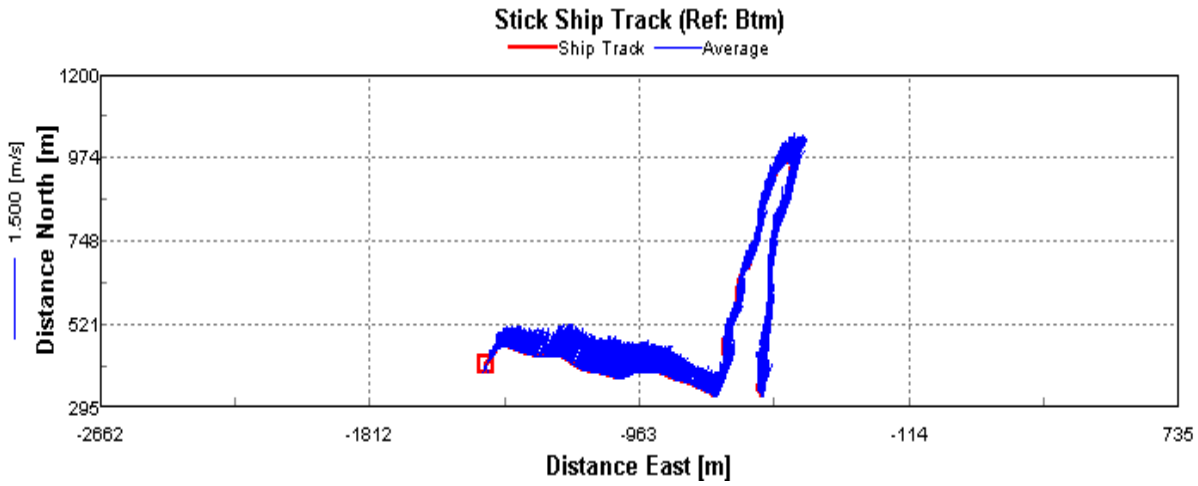


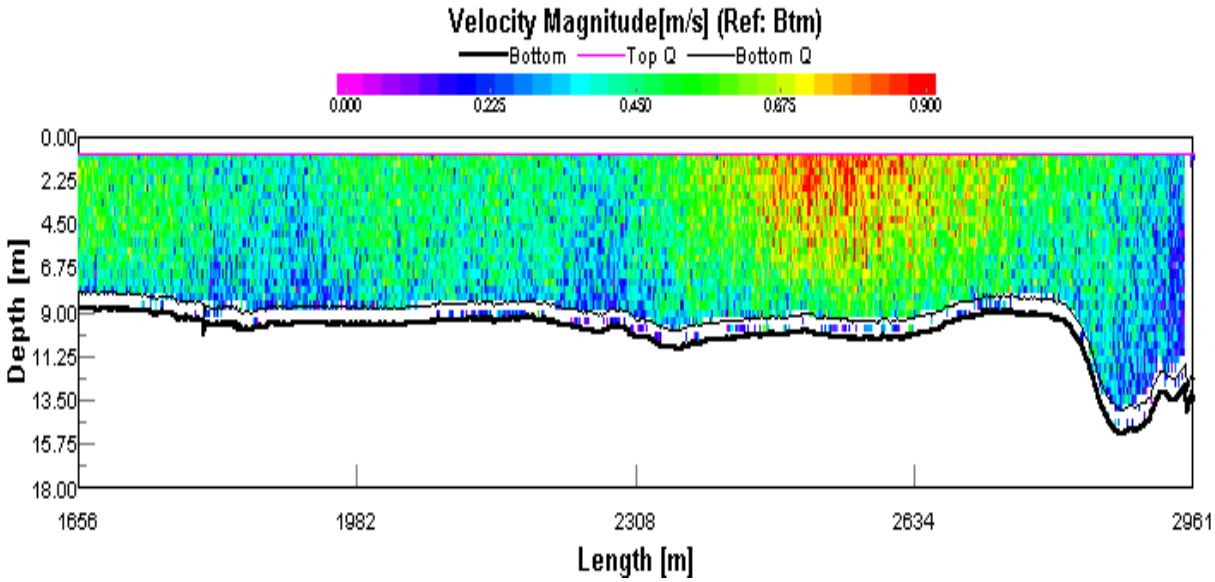
Ens. #	35462	**# Ens.**	**2190**
Lost Ens.	0	Bad Ens.	103
%Good Bins	**99%**	Delta Time	1.09

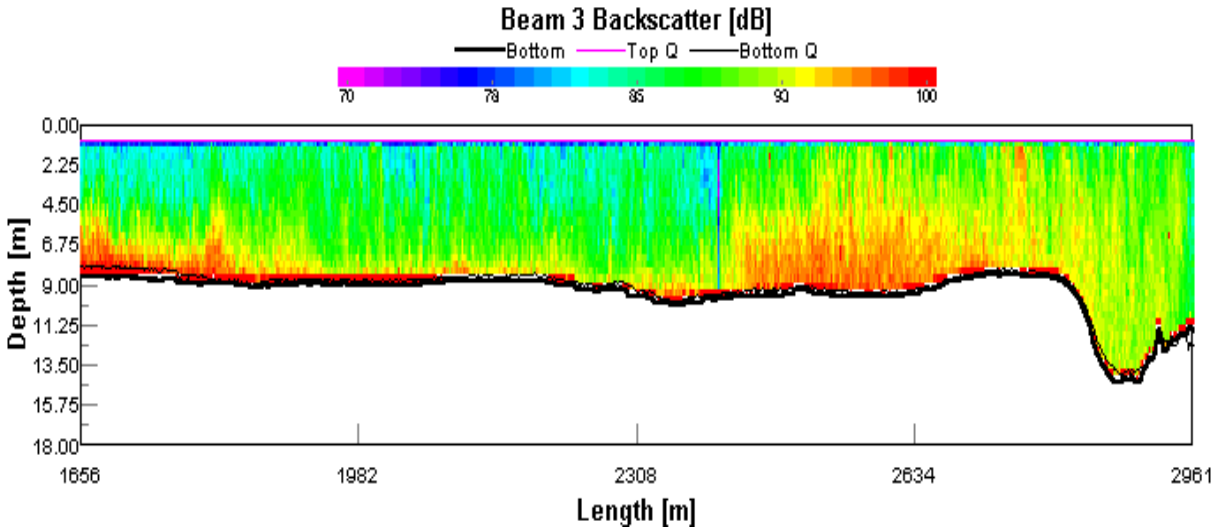
9-May-02	17:05:53.17		
Pitch	Roll	Heading	**Temp**
-10°	-7°	164°	**29°C**

Discharge (Btm) **Right to Left**		
Good Bins	0	
Top Q	-847.11	[m³/s]
Measured Q	-8011.13	[m³/s]
Bottom Q	-741.42	[m³/s]
Left Q	6.79	[m³/s]
Right Q	-10.47	[m³/s]
Total Q	-9603.34	[m³/s]
Navigation (Btm)		
Boat Speed		[m/s]
Boat Course		[°]
Water Speed		[m/s]
Water Dir.		[°]
Calc. Depth		[m]
Length	2891.53	[m]
Distance MG	**1479.96**	**[m]**
Course MG	91.22	[°]
Time	2380.59	[s]

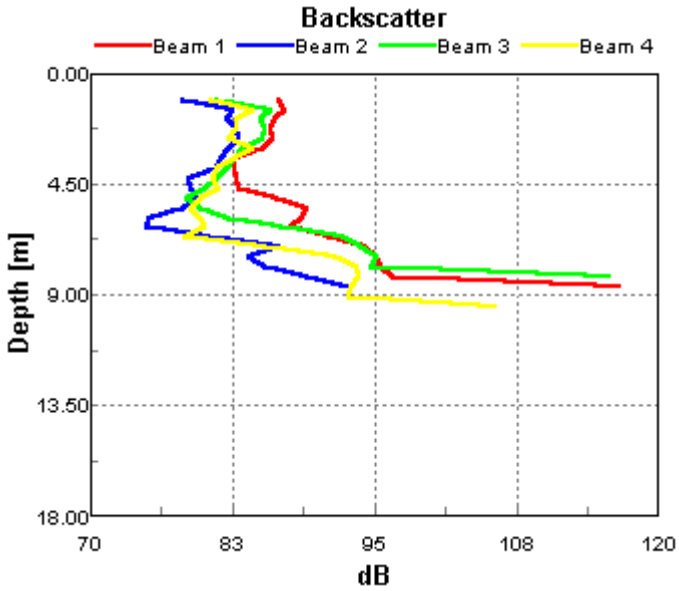
E22 – Río Guayas en Guayaquil (Malecón)
[09/05/2002] ; 17:06 h. ; **-5680** $m^3.s^{-1}$; T1017r.000
cota media: 4,04 m.







A 705m. de OI; n°ens.: 36560

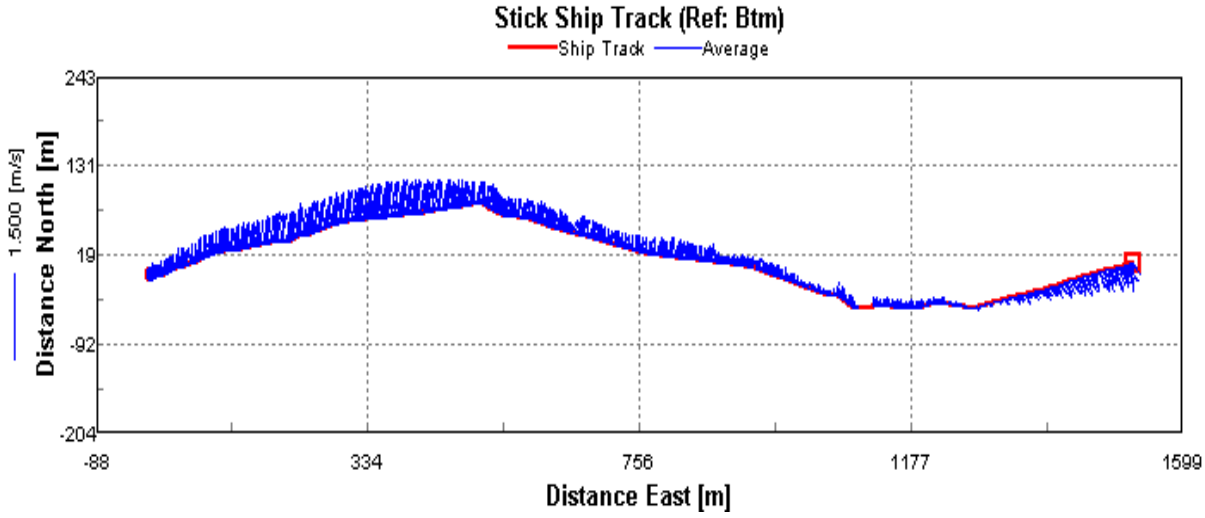


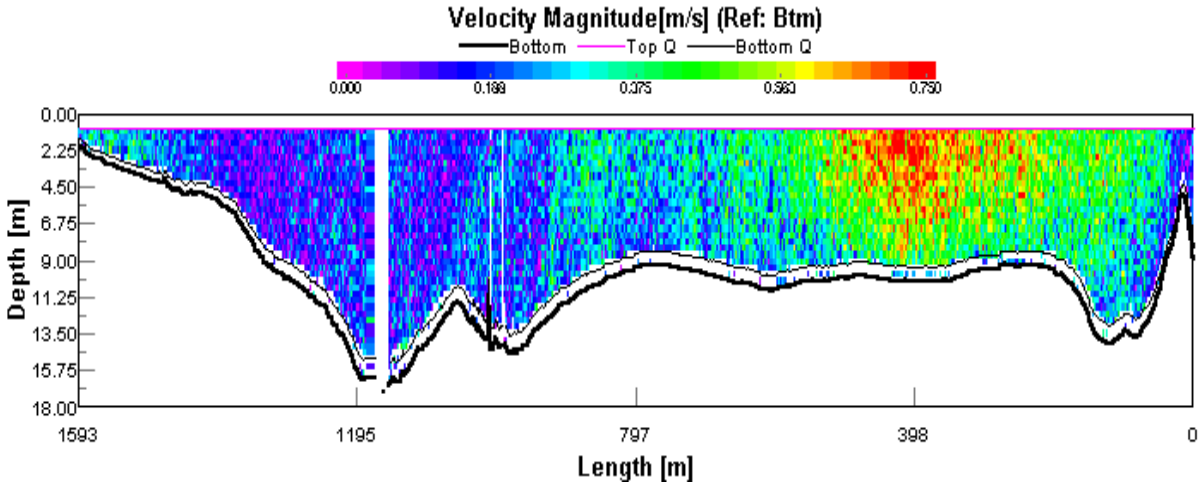
Ens. #	38207	**# Ens.**	**2720**
Lost Ens.	0	Bad Ens.	119
%Good Bins	**98%**	Delta Time	1.09

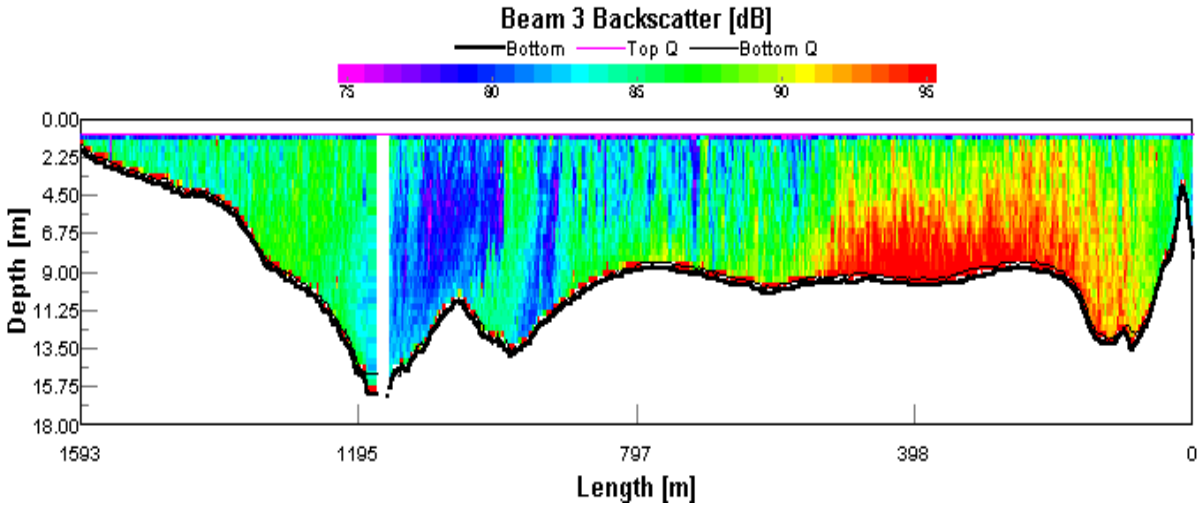
9-May-02	17:55:38.39		
Pitch	Roll	Heading	**Temp**
-8°	-8°	317°	**28°C**

Discharge (Btm) **Left to Right**		
Good Bins	1	
Top Q	-504.08	[m³/s]
Measured Q	-4728.78	[m³/s]
Bottom Q	-461.31	[m³/s]
Left Q	11.71	[m³/s]
Right Q	0.90	[m³/s]
Total Q	-5681.56	[m³/s]
Navigation (Btm)		
Boat Speed	1.306	[m/s]
Boat Course	227.63	[°]
Water Speed	**0.191**	**[m/s]**
Water Dir.	159.43	[°]
Calc. Depth	13.43	[m]
Length	2960.55	[m]
Distance MG	**1505.60**	**[m]**
Course MG	285.96	[°]
Time	2956.95	[s]

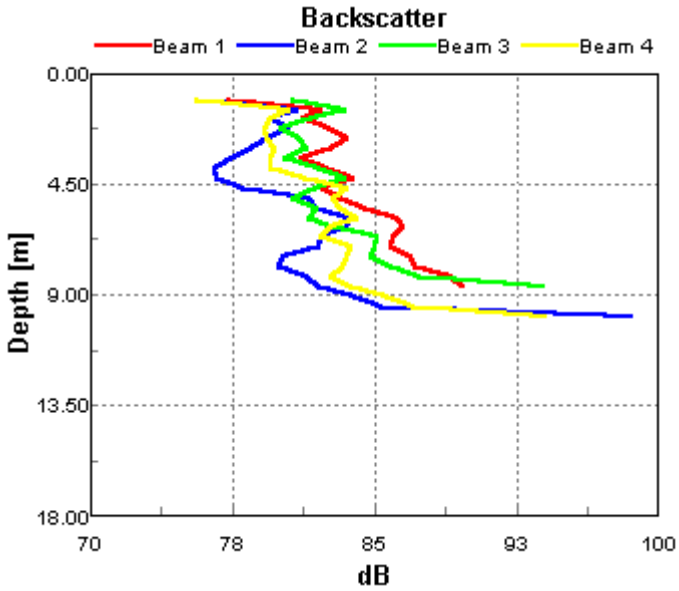
E22 – Río Guayas en Guayaquil (Malecón)
[09/05/2002] ; 17:56 h. ; **-3750** $m^3.s^{-1}$; T1018r.000
cota media: 4,05 m.







A 50% de “distance MG”; n°ens: 38677

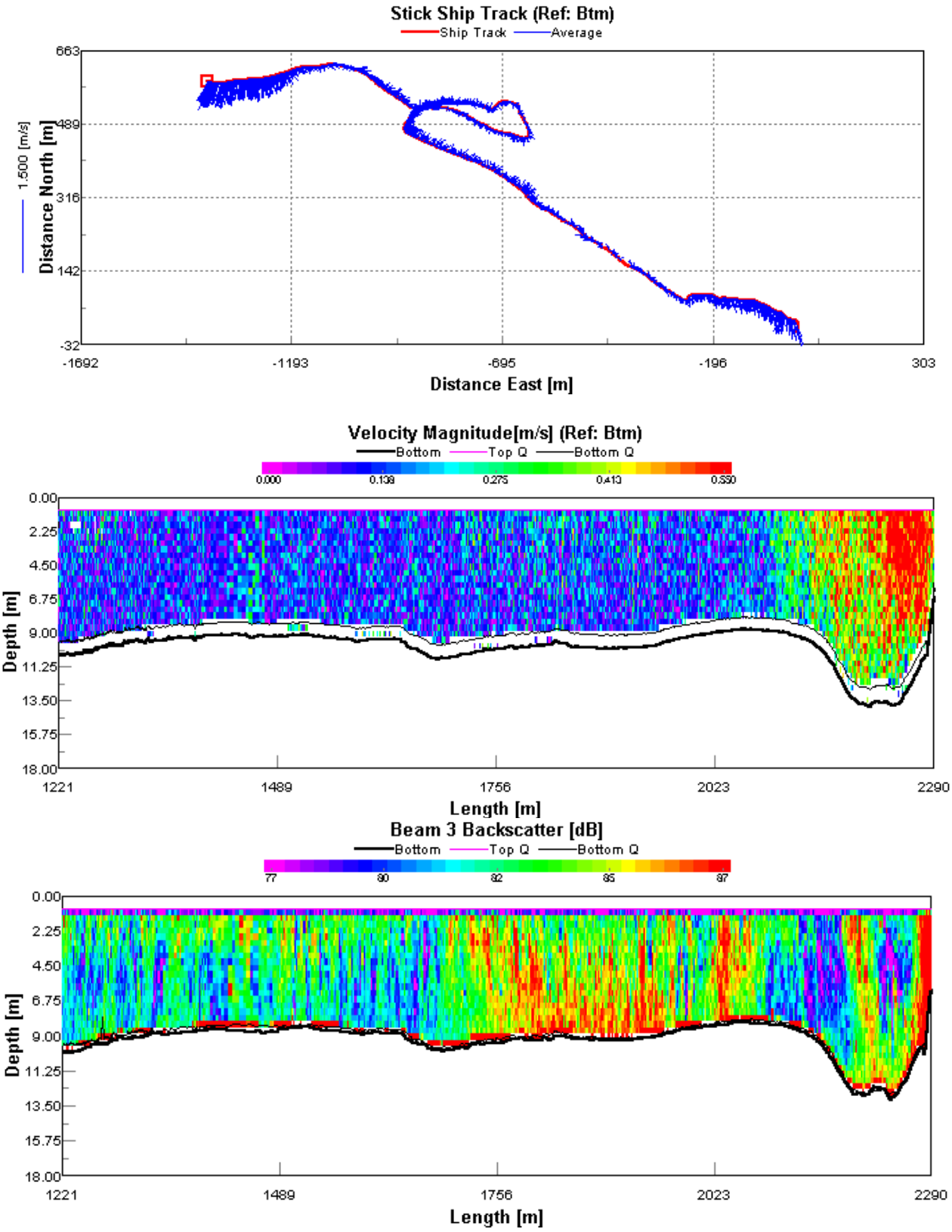


Ens. #	39098	**# Ens.**	**871**
Lost Ens.	0	Bad Ens.	16
%Good Bins	**99%**	Delta Time	1.09

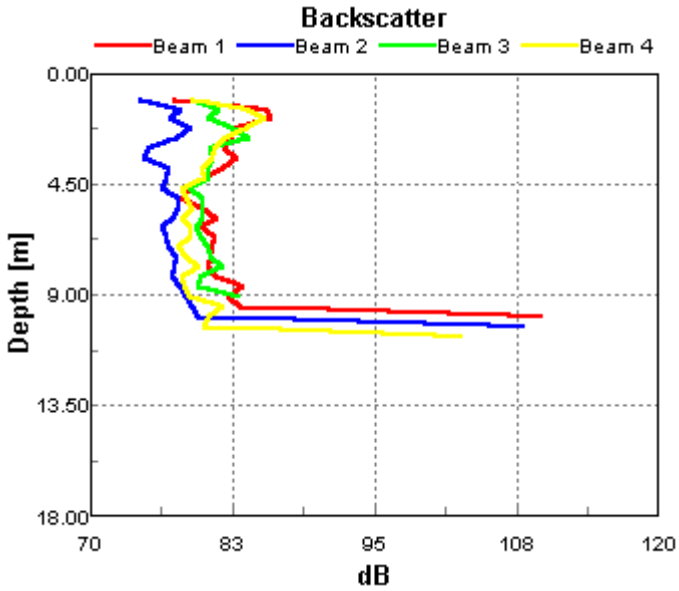
9-May-02	18:11:47.36		
Pitch	Roll	Heading	**Temp**
-7°	-2°	145°	**29°C**

Discharge (Btm) **Right to Left**		
Good Bins	1	
Top Q	-310.48	[m³/s]
Measured Q	-3171.36	[m³/s]
Bottom Q	-268.75	[m³/s]
Left Q	16.54	[m³/s]
Right Q	-16.19	[m³/s]
Total Q	-3750.24	[m³/s]
Navigation (Btm)		
Boat Speed	0.940	[m/s]
Boat Course	83.75	[°]
Water Speed	**0.337**	**[m/s]**
Water Dir.	188.25	[°]
Calc. Depth	1.96	[m]
Length	1593.45	[m]
Distance MG	**1522.46**	**[m]**
Course MG	89.64	[°]
Time	946.13	[s]

E22 – Río Guayas en Guayaquil (Malecón)
[09/05/2002] ; 18:12 h. ; **572** $m^3.s^{-1}$; T1019r.000
cota media: 4,00 m.



A 1800 m. de OI; n°ens.: 40220

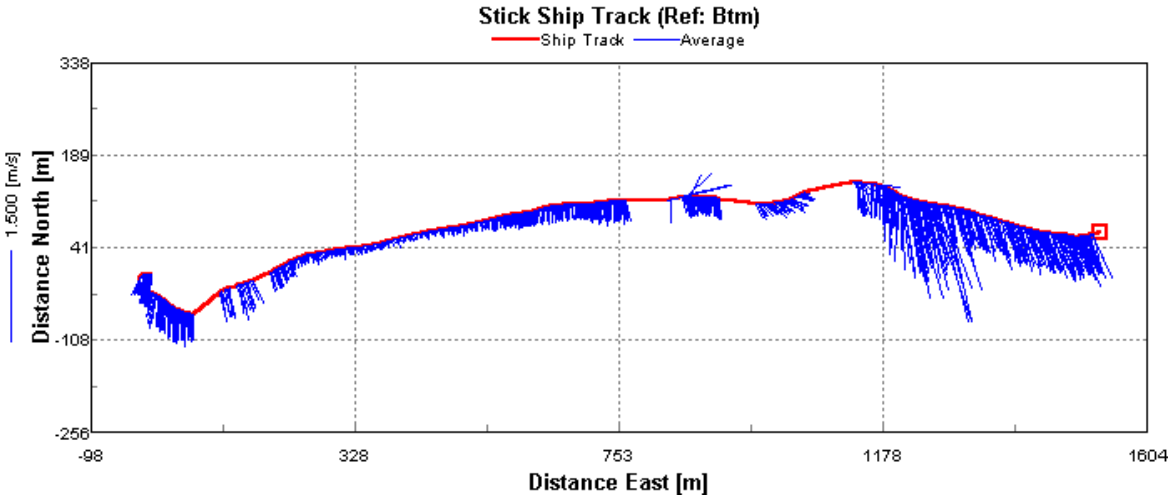


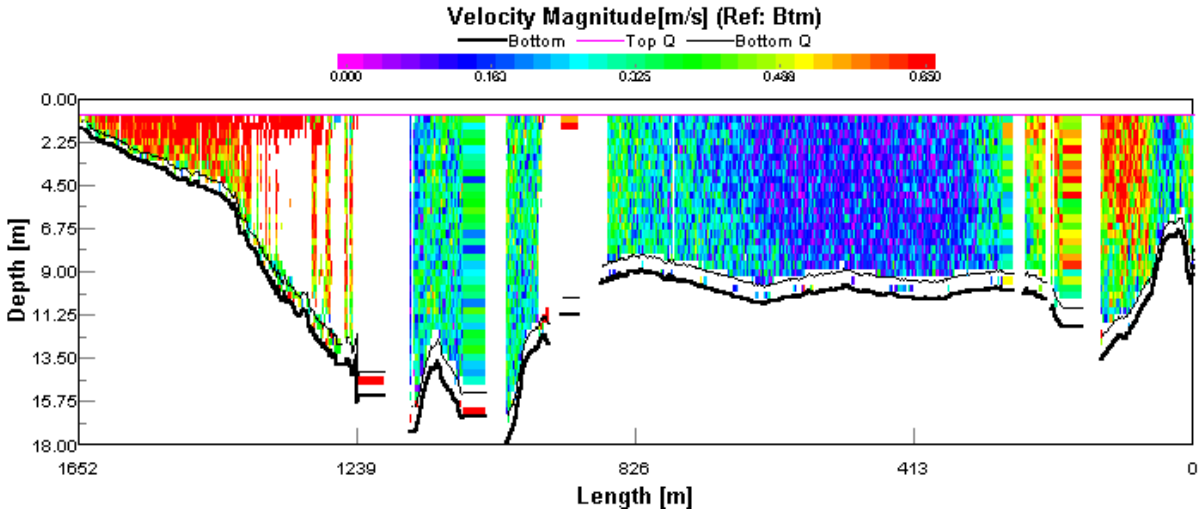
Ens. #	41151	**# Ens.**	**2018**
Lost Ens.	0	Bad Ens.	92
%Good Bins	**99%**	Delta Time	1.09

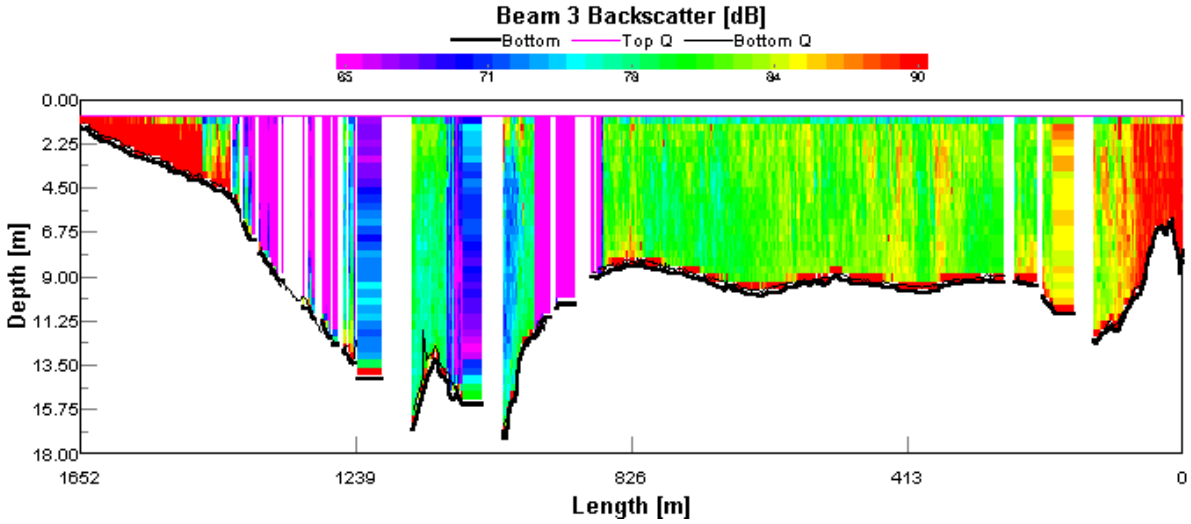
9-May-02	18:48:59.95		
Pitch	Roll	Heading	**Temp**
-9°	-3°	73°	**28°C**

Discharge (Btm) **Left to Right**		
Good Bins	12	
Top Q	78.35	[m³/s]
Measured Q	423.60	[m³/s]
Bottom Q	58.07	[m³/s]
Left Q	11.66	[m³/s]
Right Q	15.76	[m³/s]
Total Q	587.44	[m³/s]
Navigation (Btm)		
Boat Speed	0.107	[m/s]
Boat Course	279.41	[°]
Water Speed	**0.374**	**[m/s]**
Water Dir.	197.82	[°]
Calc. Depth	6.80	[m]
Length	2290.47	[m]
Distance MG	**1513.55**	**[m]**
Course MG	293.00	[°]
Time	2193.45	[s]

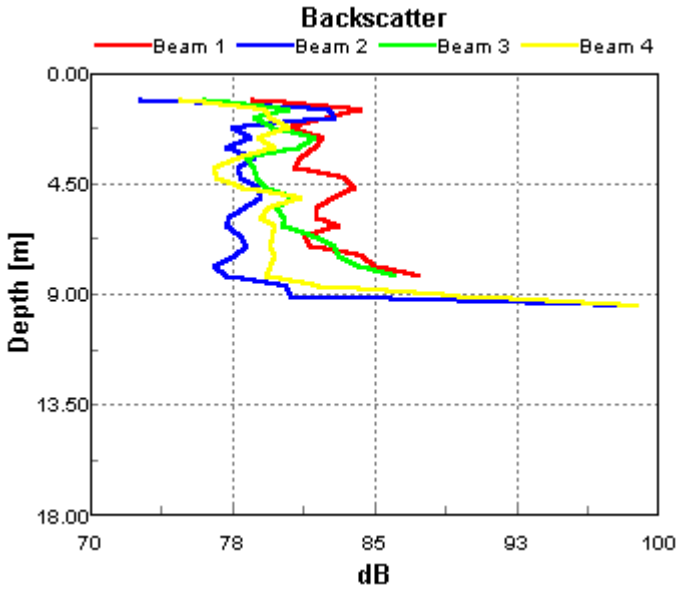
E22 – Río Guayas en Guayaquil (Malecón)
[09/05/2002] ; 18:50 h. ; 4342 $m^3.s^{-1}$; T1020r.000
cota media: 3,74 m.







A 50% de “distance MG”; n°ens: 41708

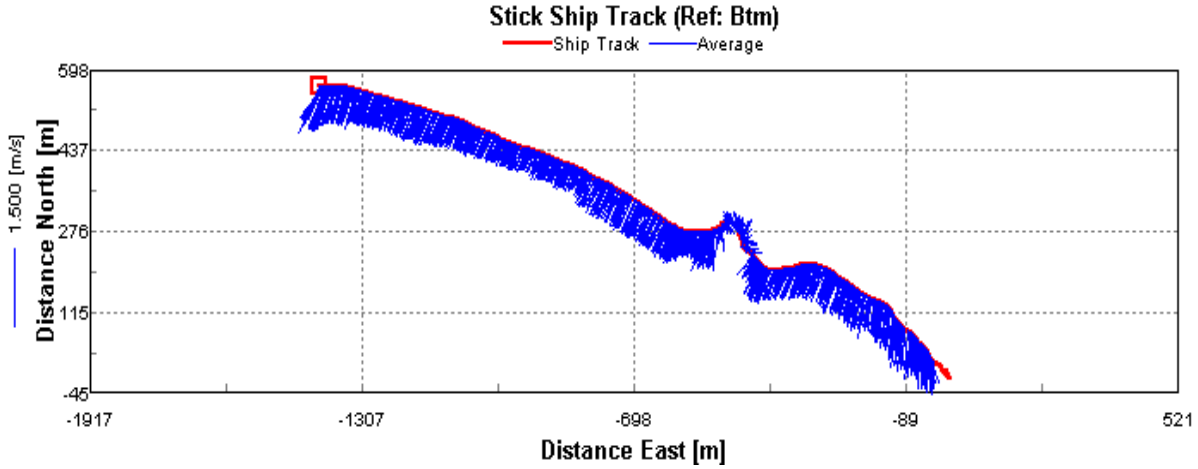


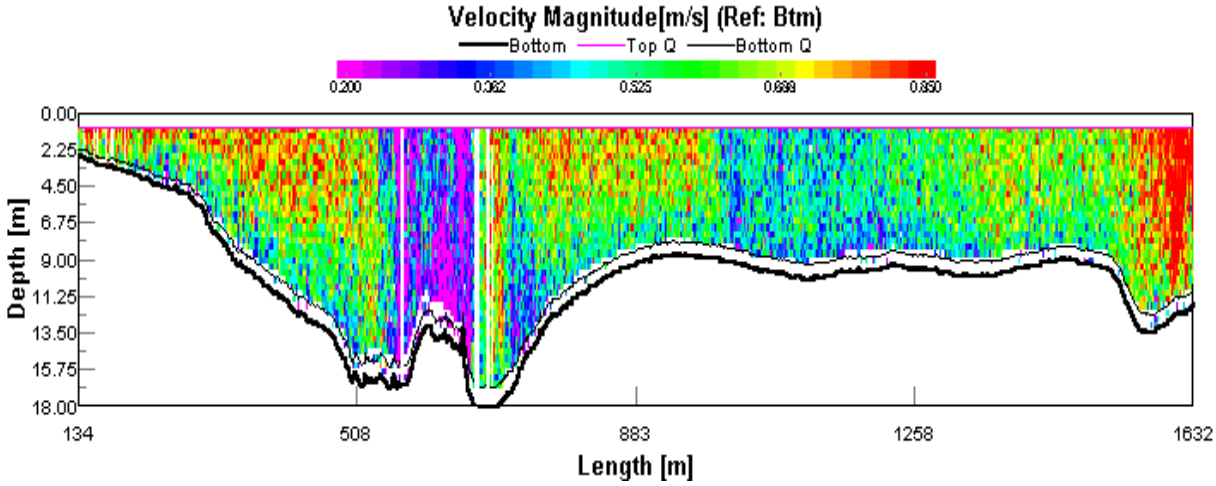
Ens. #	42214	**# Ens.**	**1000**
Lost Ens.	0	Bad Ens.	222
%Good Bins	**89%**	Delta Time	1.09

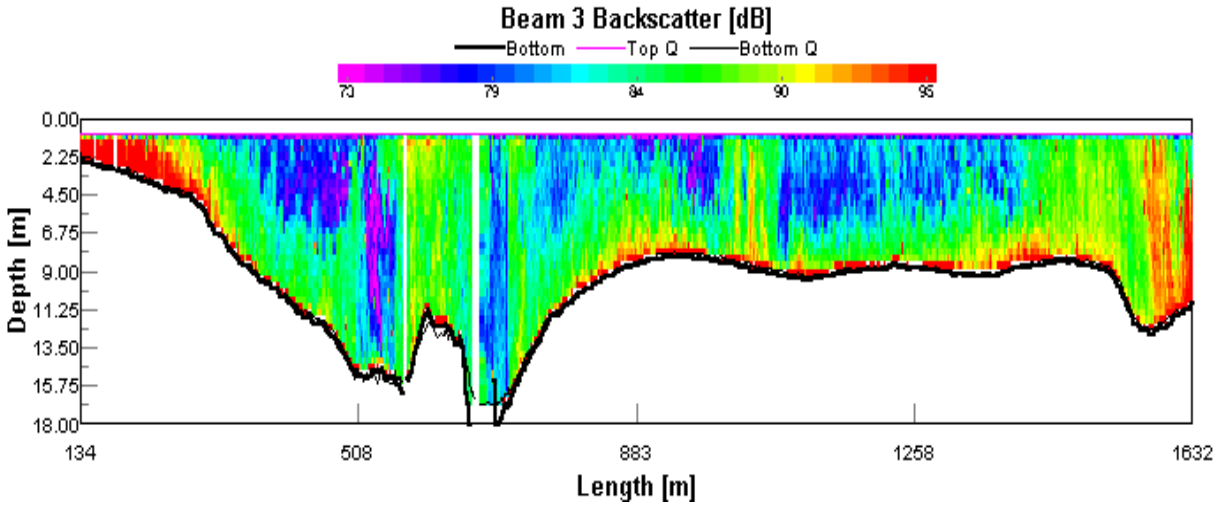
9-May-02	19:08:15.88		
Pitch	Roll	Heading	**Temp**
-14°	-6°	88°	**29°C**

Discharge (Btm) **Right to Left**		
Good Bins	0	
Top Q	393.94	[m³/s]
Measured Q	2986.74	[m³/s]
Bottom Q	942.42	[m³/s]
Left Q	39.03	[m³/s]
Right Q	18.89	[m³/s]
Total Q	4381.01	[m³/s]
Navigation (Btm)		
Boat Speed	0.610	[m/s]
Boat Course	88.46	[°]
Water Speed		[m/s]
Water Dir.		[°]
Calc. Depth	1.53	[m]
Length	1651.96	[m]
Distance MG	**1527.68**	**[m]**
Course MG	87.55	[°]
Time	1086.33	[s]

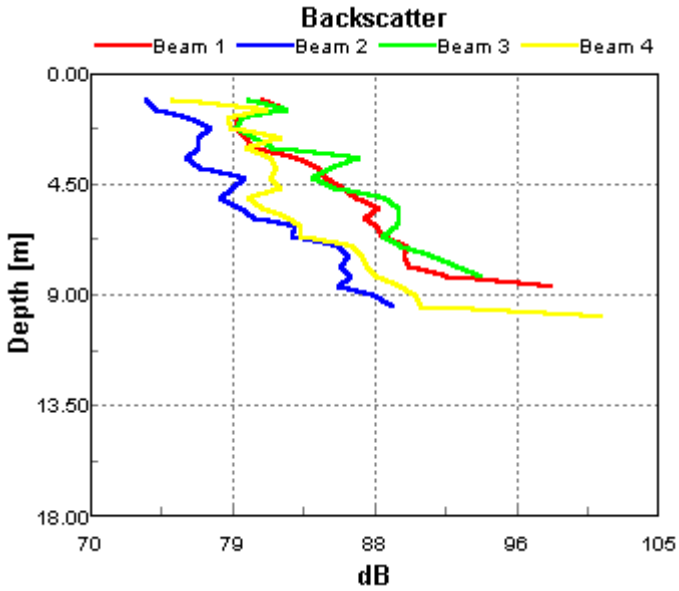
E22 – Río Guayas en Guayaquil (Malecón)
[09/05/2002] ; 19:08 h. ; 7948 $m^3.s^{-1}$; T1021r.000
cota media: 3,58 m.







A 50% de “distance MG”; n°ens: 42950



Ens. #	43417	**# Ens.**	**1169**
Lost Ens.	0	Bad Ens.	140
%Good Bins	**99%**	Delta Time	1.08

9-May-02	19:30:04.11		
Pitch	Roll	Heading	**Temp**
-12°	-4°	22°	**28°C**

Discharge (Btm) **Left to Right**		
Good Bins	24	
Top Q	822.95	[m³/s]
Measured Q	6332.05	[m³/s]
Bottom Q	646.38	[m³/s]
Left Q	39.96	[m³/s]
Right Q	107.14	[m³/s]
Total Q	7948.49	[m³/s]
Navigation (Btm)		
Boat Speed	0.790	[m/s]
Boat Course	263.69	[°]
Water Speed	**1.017**	**[m/s]**
Water Dir.	207.67	[°]
Calc. Depth	11.67	[m]
Length	1632.27	[m]
Distance MG	**1514.65**	**[m]**
Course MG	292.03	[°]
Time	1270.18	[s]

Anexo 2

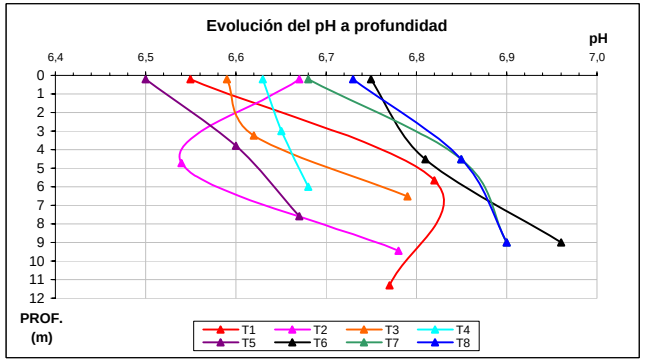
Características de los muestreos de agua y sedimento

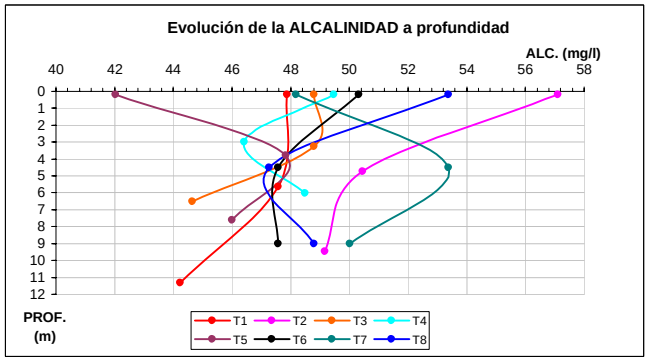
a. Datos generales y mediciones físico-químicas “in situ” de las muestras de agua y sedimento
b. Evolución de parámetros físico-químicos en profundidad y durante el tiempo de estudio
c. Evolución de la cota y los parámetros físico-químicos en el tiempo y a tres profundidades
d. Correlaciones entre diferentes parámetros físico-químicos y su evolución en el tiempo
e. Análisis geoquímicos de las verticales V1 y V5 - muestreos superficiales y de fondo de las verticales representativas N°1 (muestreos 11 y 13) y N°5 (muestreos 51 y 53)

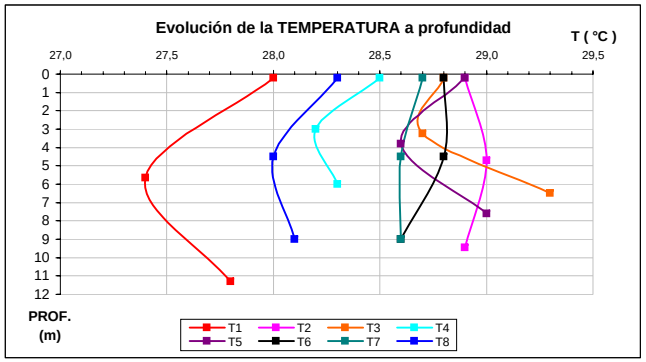
   a) diagrama de PIPER del promedio de los muestreos superficiales y de fondo de las verticales representativas N°1 y N°5.
   b) diagrama de SCHOELLER del promedio de los muestreos superficiales y de fondo de las verticales representativas N°1 y N°5
   c) diagrama de STABLER del promedio de los muestreos superficiales y de fondo de las verticales representativas N°1 y N°5
   d) tablas de cocientes iónicos, de determinación de fase geoquímica y de estadística de los muestreos superficiales y de fondo de las verticales representativas N°1 y N°5
   e) distribución de la salinidad, densidad y temperatura, en profundidad a partir de los datos obtenidos por la CTD

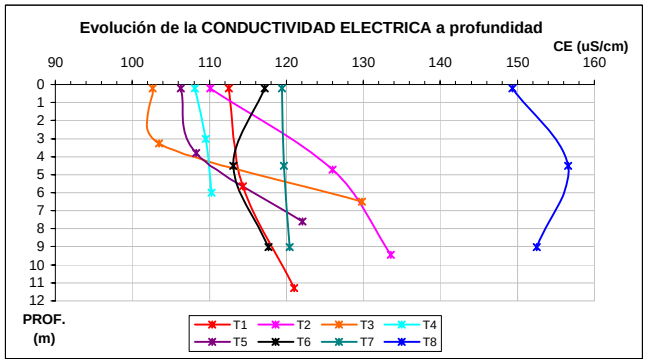
Anexo 2b: Evolución de parámetros físico-químicos en profundidad y durante el tiempo de estudio

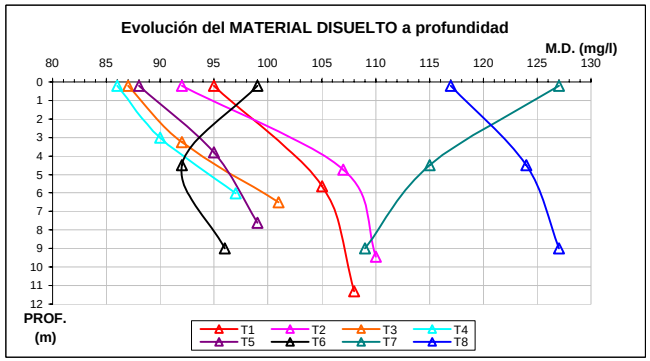
(Referido a datos detallados en el anexo 2a)

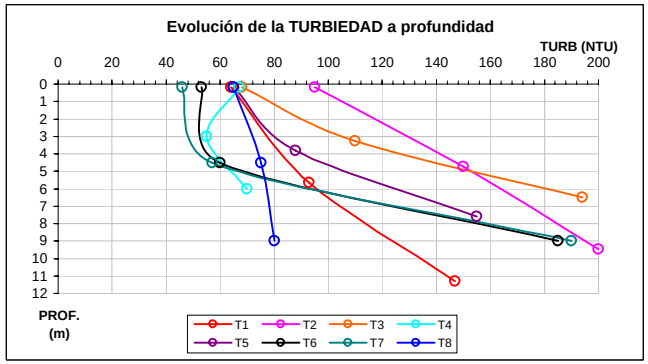


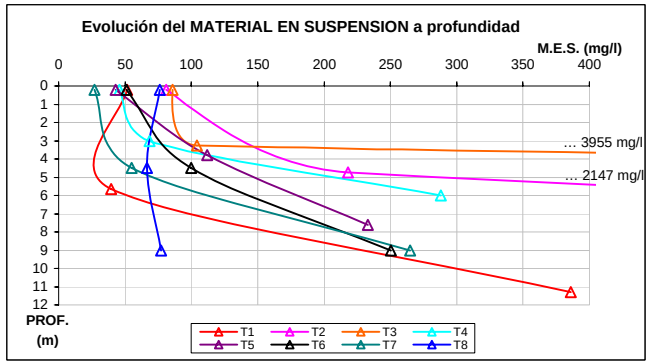






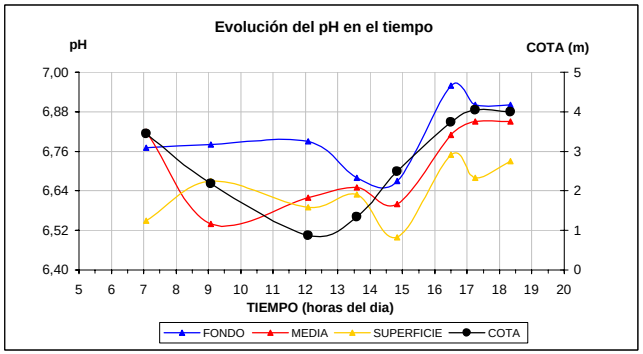


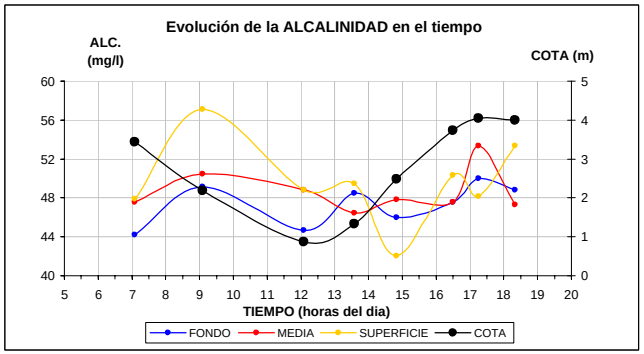


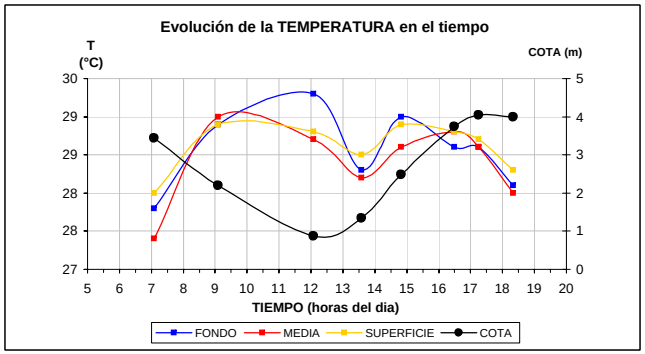


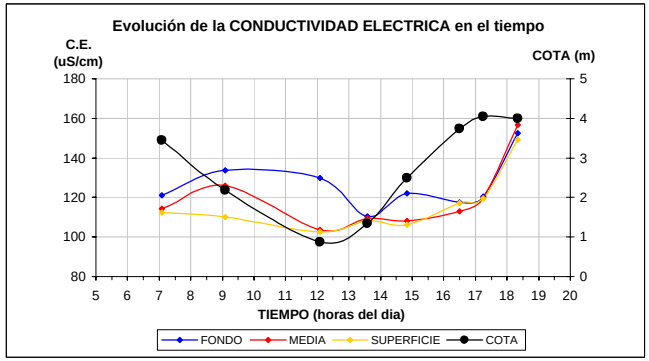
Anexo 2c: Evolución de la cota y los parámetros físico-químicos en el tiempo y a tres profundidades

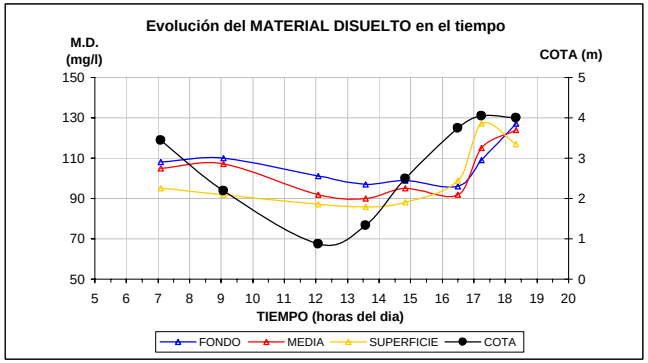
(Referido a datos detallados en el anexo 2a)

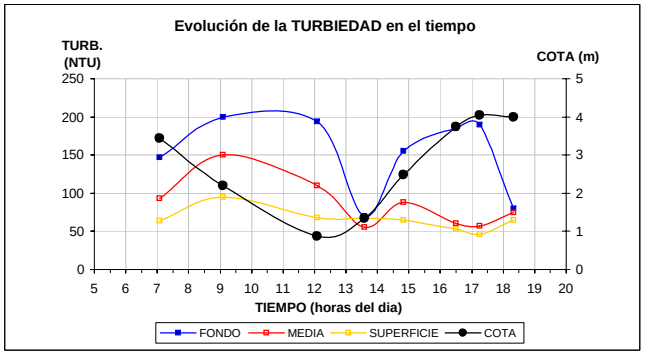


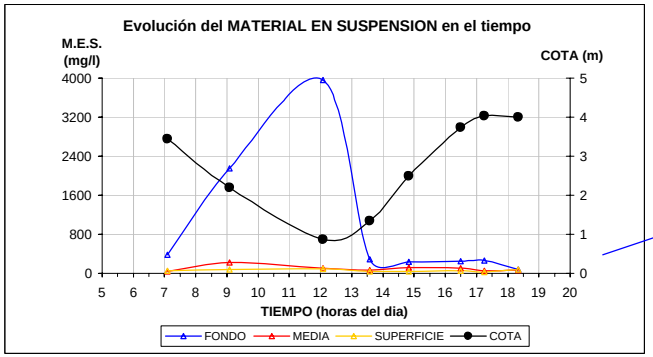


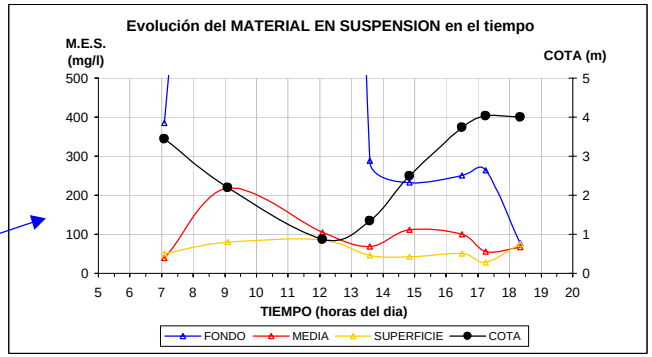






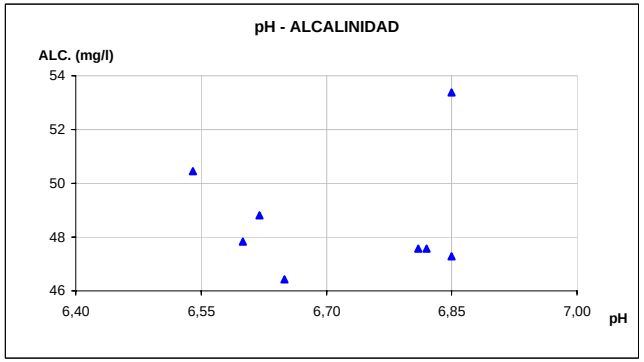


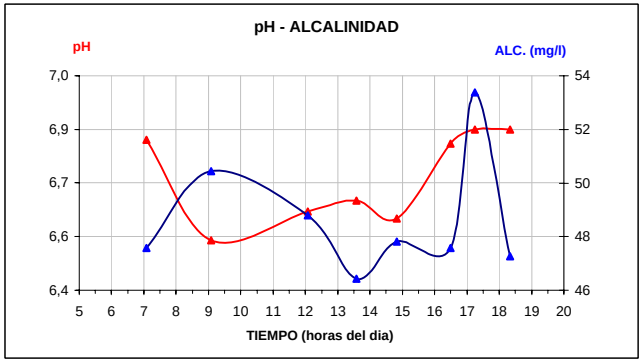


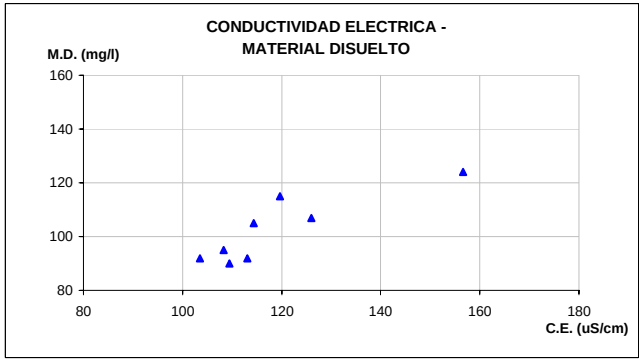


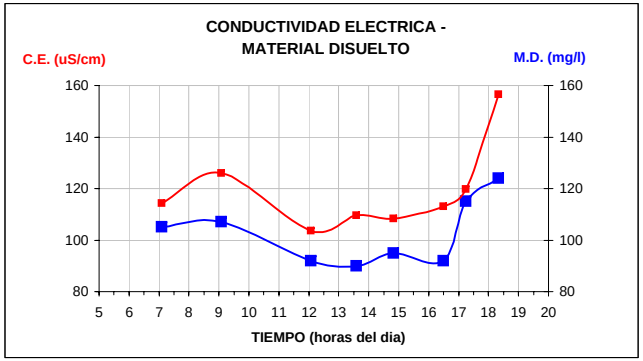
Anexo 2d: Correlaciones entre diferentes parámetros físico-químicos y su evolución en el tiempo

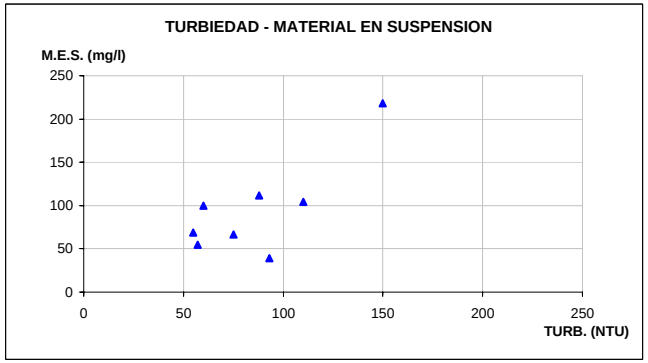
(Referido a datos detallados en el anexo 2a)

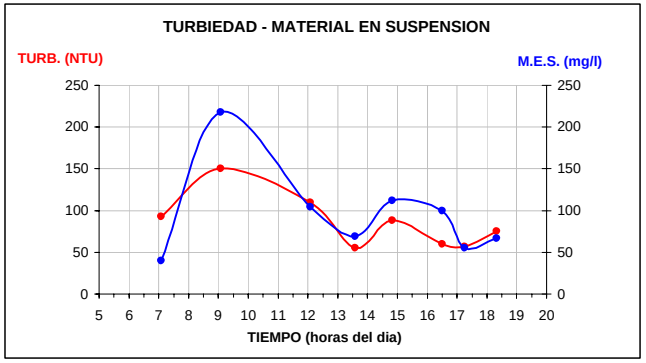




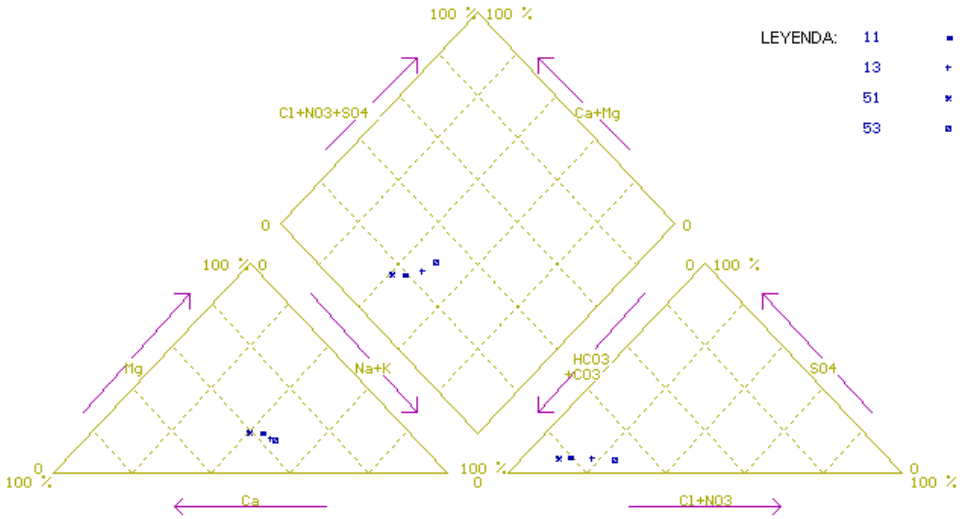






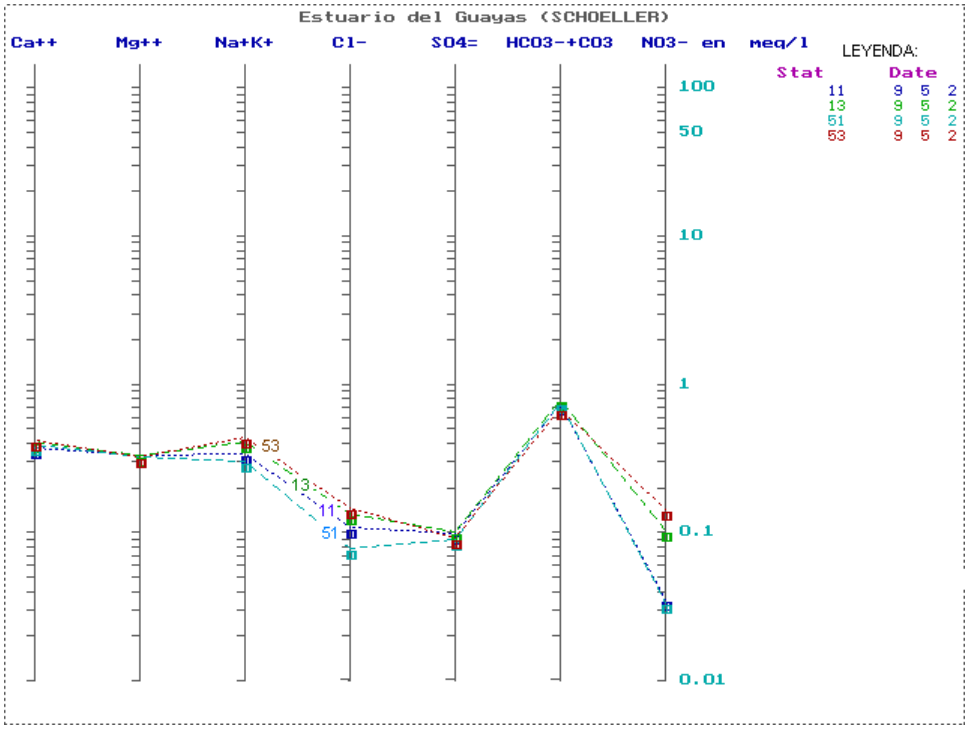


Anexo 2e.a) Diagrama de PIPER del promedio de los muestreos superficiales y de fondo de las verticales representativas N°1 (muestreos 11 y 13) y N°5 (muestreos 51 y 53)

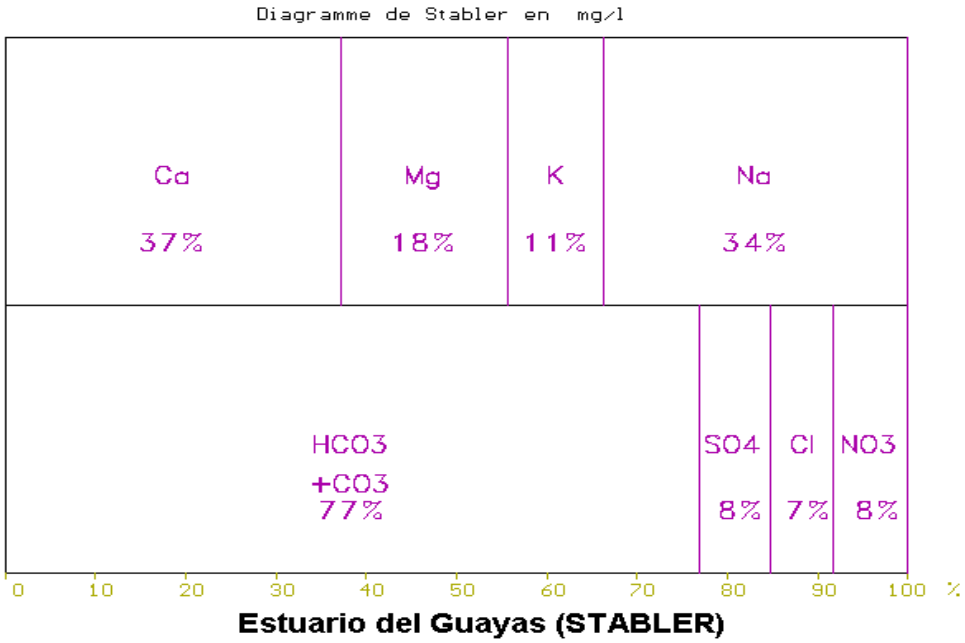


Estuario del Guayas (PIPER)

Anexo 2e.b) Diagrama de SCHOELLER del promedio de los muestreos superficiales y de fondo de las verticales representativas N°1 (muestreos 11 y 13) y N°5 (muestreos 51 y 53)



Anexo 2e.c) Diagrama de STABLER del promedio de los muestreos superficiales y de fondo de las verticales representativas N°1 y N°5



Anexo 2e.d) Tablas de cocientes iónicos, de determinación de fase geoquímica y de estadística de los muestreos superficiales y de fondo de las verticales representativas N°1 (muestreos 11 y 13) y N°5 (muestreos 51 y 53)

RAPPORT IONIQUE (CATIONIQUE ANIONIQUE)

STATION	DATE	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO4	HCO3	CO3	NO3	
11	9/ 5/ 2	0.37	0.20	0.34	0.09	0.07	0.09	0.80	0.00	0.04	mg/l
13	9/ 5/ 2	0.36	0.17	0.35	0.12	0.07	0.08	0.75	0.00	0.10	mg/l
51	9/ 5/ 2	0.40	0.20	0.31	0.09	0.05	0.08	0.83	0.00	0.04	mg/l
53	9/ 5/ 2	0.35	0.16	0.35	0.13	0.09	0.07	0.70	0.00	0.15	mg/l

RAPPORT IONIQUE GLOBAL

STATION	DATE	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO4	HCO3	CO3	NO3	
11	9/ 5/ 2	0.10	0.05	0.09	0.02	0.05	0.06	0.59	0.00	0.03	mg/l
13	9/ 5/ 2	0.10	0.05	0.09	0.03	0.05	0.06	0.55	0.00	0.07	mg/l
51	9/ 5/ 2	0.10	0.05	0.08	0.02	0.04	0.06	0.62	0.00	0.03	mg/l
53	9/ 5/ 2	0.10	0.05	0.10	0.04	0.06	0.05	0.50	0.00	0.10	mg/l

POURCENTAGE IONIQUE (CATIONIQUE ANIONIQUE) CALCULES A PARTIR DE mg/l

STATION	DATE	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO4	HCO3	CO3	NO3
11	9/ 5/ 2	37.42	20.09	33.86	8.63	6.96	8.59	80.44	0.00	4.01
13	9/ 5/ 2	36.28	17.46	34.54	11.72	7.44	7.58	75.05	0.00	9.93
51	9/ 5/ 2	40.04	20.34	31.07	8.55	4.97	7.75	83.45	0.00	3.83
53	9/ 5/ 2	35.48	16.47	34.84	13.21	8.57	7.31	69.56	0.00	14.56

POURCENTAGE IONIQUE GLOBAL

STATION	DATE	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO4	HCO3	CO3	NO3	
11	9/ 5/ 2	10.04	5.39	9.09	2.32	5.09	6.29	58.85	0.00	2.93	mg/l
13	9/ 5/ 2	9.54	4.59	9.09	3.08	5.49	5.59	55.30	0.00	7.32	mg/l
51	9/ 5/ 2	10.39	5.28	8.06	2.22	3.68	5.74	61.80	0.00	2.84	mg/l
53	9/ 5/ 2	10.03	4.65	9.85	3.73	6.15	5.25	49.89	0.00	10.44	mg/l

LISTE DES ANALYSES

STATION	DATE	Facies
11	9/ 5/ 2	Mixte-Bicarbonatee
13	9/ 5/ 2	Mixte-Bicarbonatee
51	9/ 5/ 2	Mixte-Bicarbonatee
53	9/ 5/ 2	Mixte-Bicarbonatee

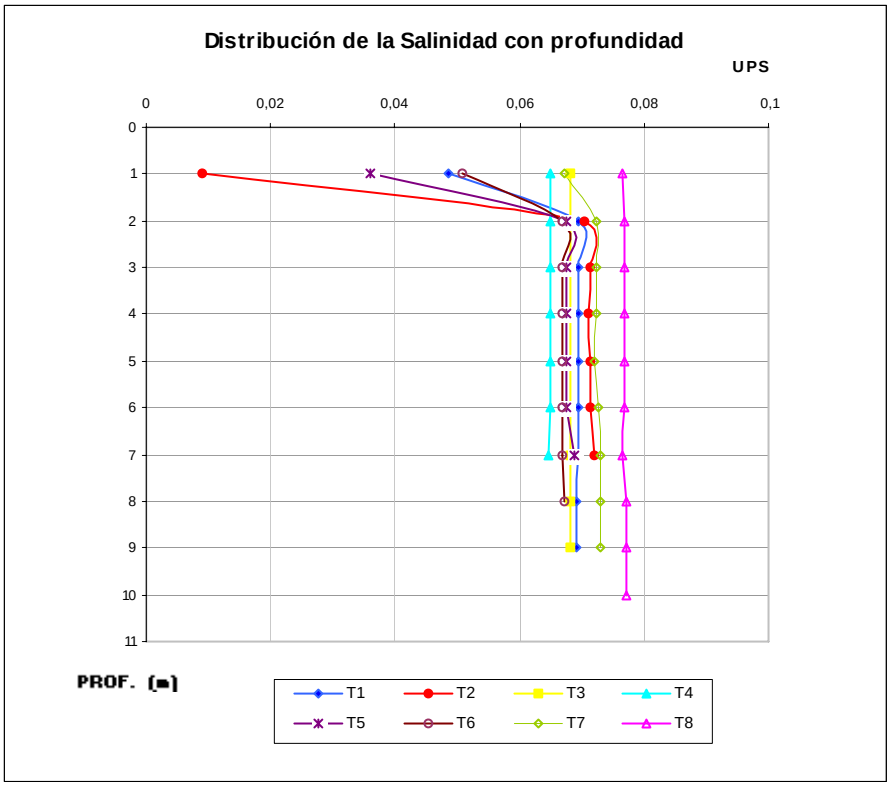
Statistiques élémentaires sur les analyses sélectionnées

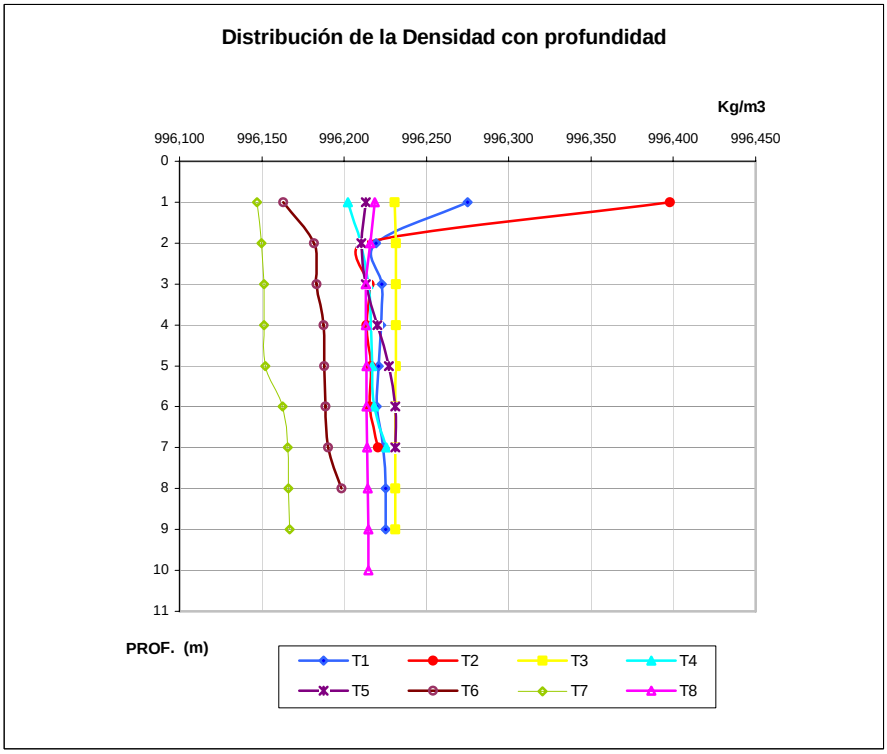
Unité de calcul : mg/l

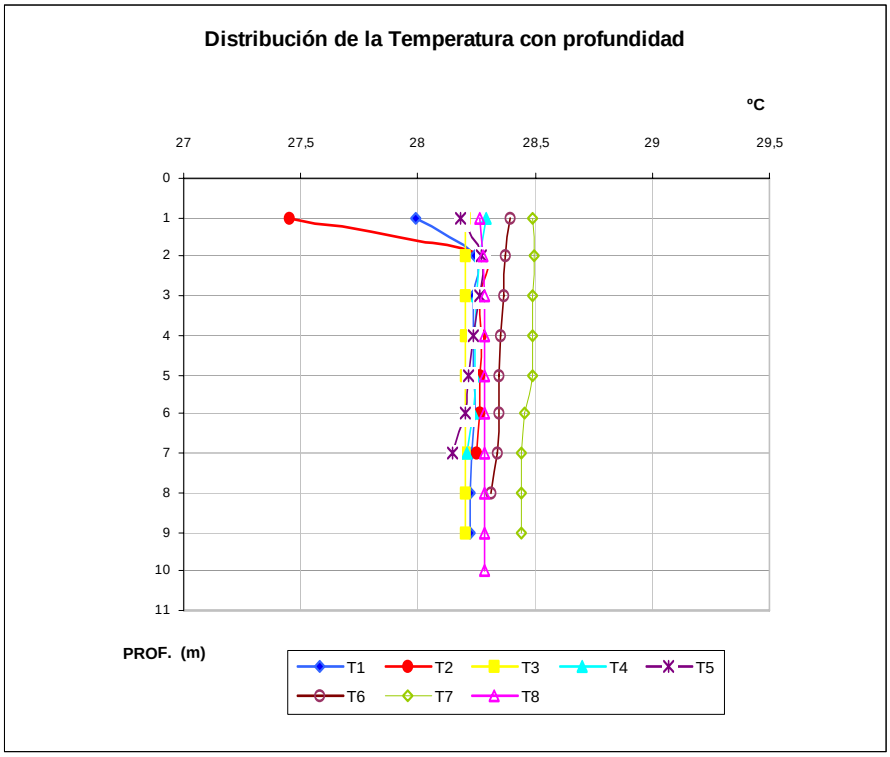
Nombre de lignes lues : 4

Stat	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO4 mg/l	HCO3 mg/l	SiO2 mg/l	Sable mg/l	MES mg/l	pH	CE µS/cm
Moy.	8.00	3.97	7.25	2.30	4.12	4.56	45.04	24.32	178.3	97.50	6.62	115.48
Ect.	0.37	0.05	0.90	0.63	0.94	0.23	2.16	0.03	141.9	7.23	0.11	6.47
mini	7.55	3.92	6.00	1.65	2.74	4.27	42.03	24.28	42.75	88.00	6.50	106.30
max.	8.45	4.05	8.30	3.15	5.18	4.84	47.89	24.36	386.0	108.0	6.77	122.10

Anexo 2e.e) Distribución de la salinidad, densidad y temperatura, en profundidad a partir de los datos obtenidos por la CTD



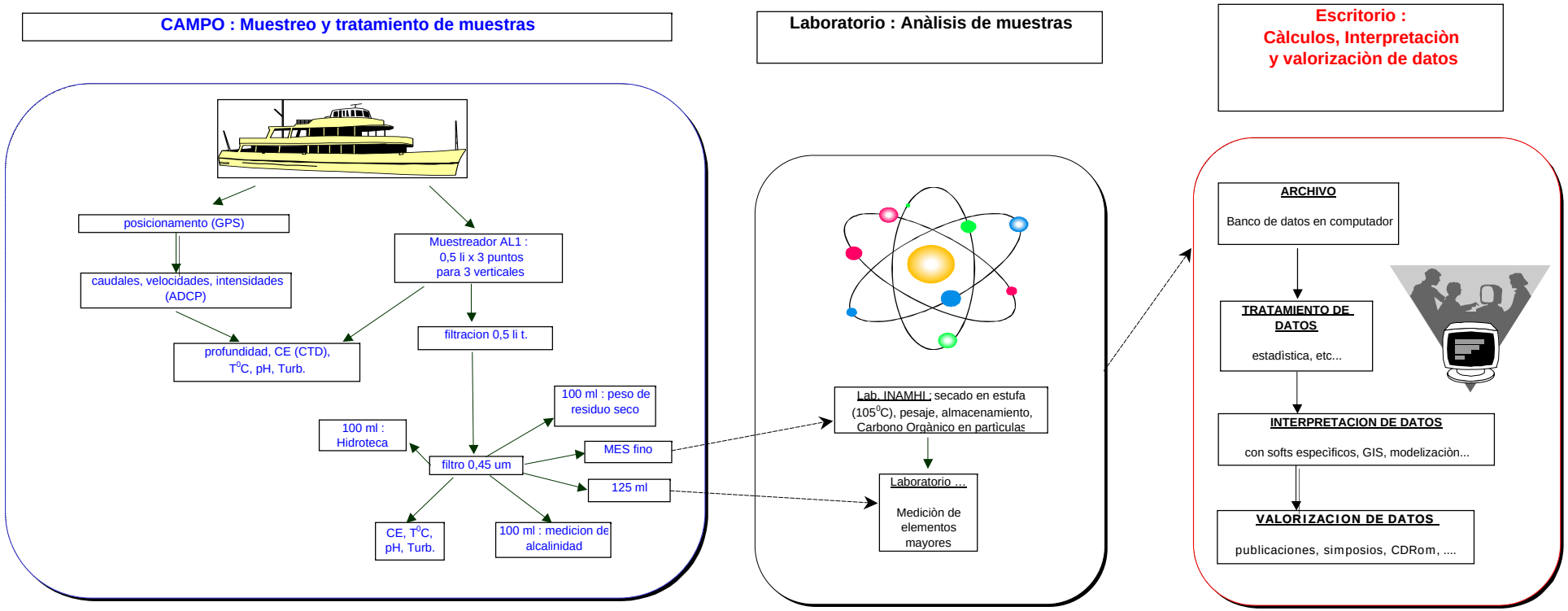



Distribución de la Temperatura con profundidad
ºC
27
27,5
28
28,5
29
29,5
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
PROF. (m)
T1
T2
T3
T4
T5
T6
T7
T8

Anexo 3

Flujograma de muestreo y tratamiento de muestras

Anexo 3: Flujograma de muestreo y tratamiento de muestras



Anexo 4

Fotos del equipo

- Foto 2: DGPS - INOCAR
- Foto 3: ADCP (RDI - Río Grande) 1200 kHz. - IRD
- Foto 4: Muestreador puntual de agua y sedimento - IRD
- Foto 5: Rampa de filtración - IRD - instalada en la embarcación de estudios del INOCAR

Foto 2: DGPS - INOCAR

Foto 3: ADCP (RDI – Río Grande) 1200 kHz. - IRD

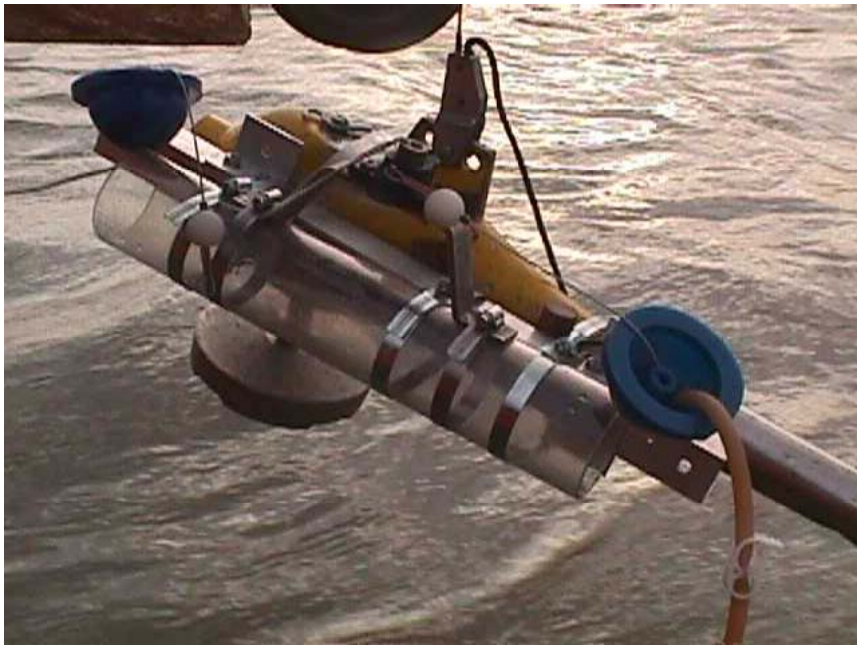


Foto 4: Muestreador puntual de agua y sedimento - IRD

Foto 5: Rampa de filtración - IRD - instalada en la embarcación de estudios del INOCAR