

Facultad de Ingeniería

Fundada en 1885

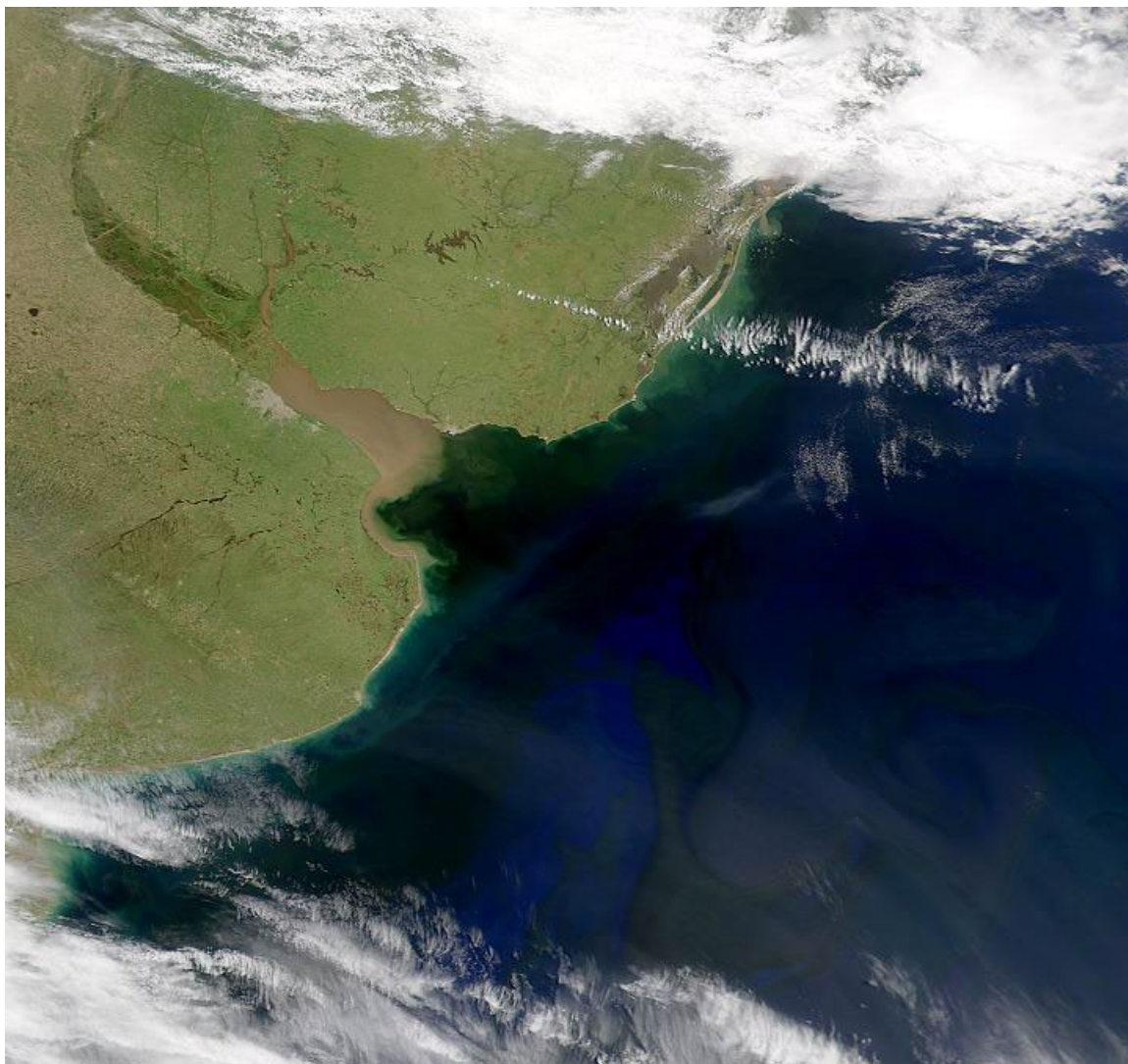
Universidad de la República, Montevideo

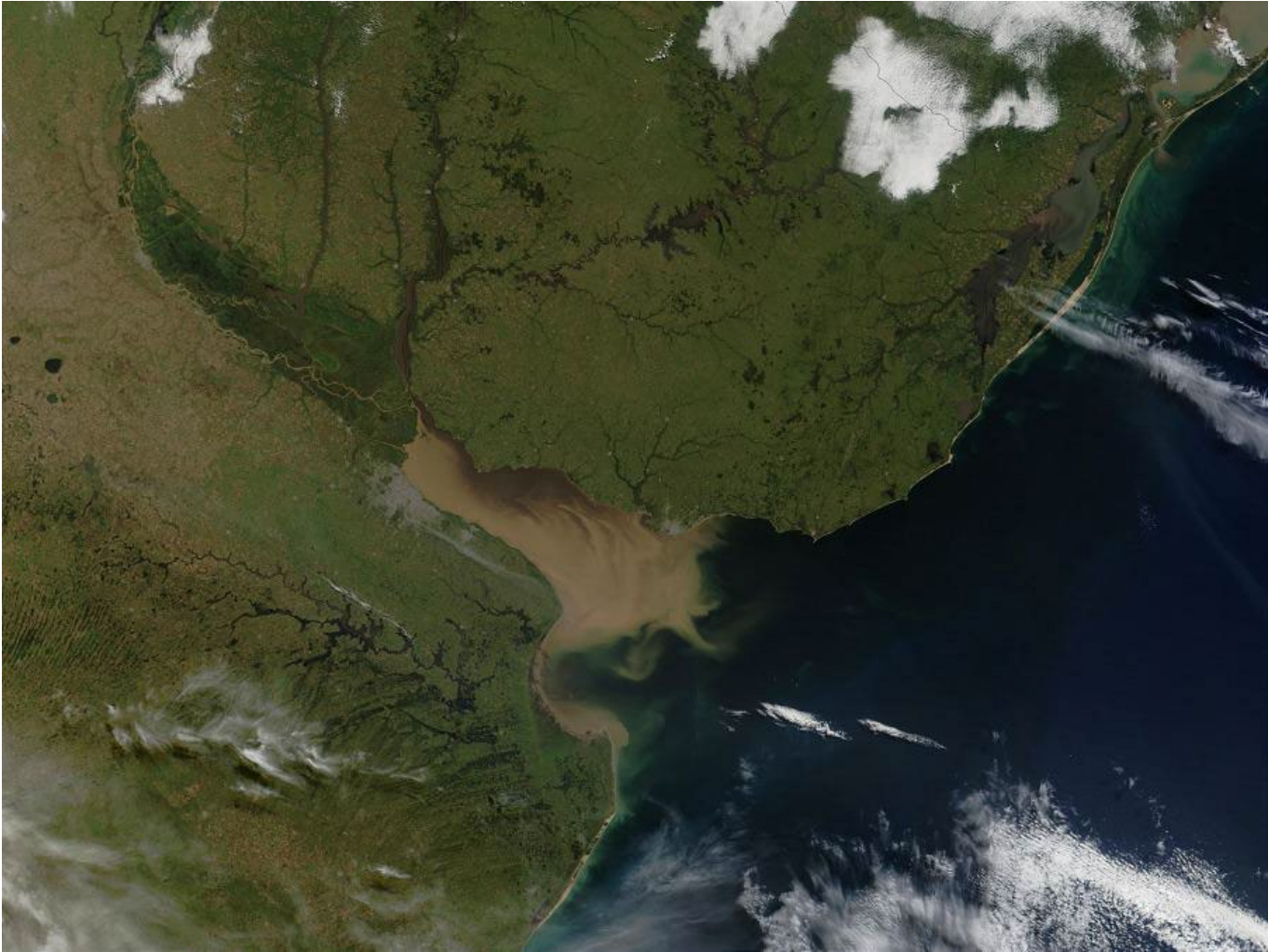


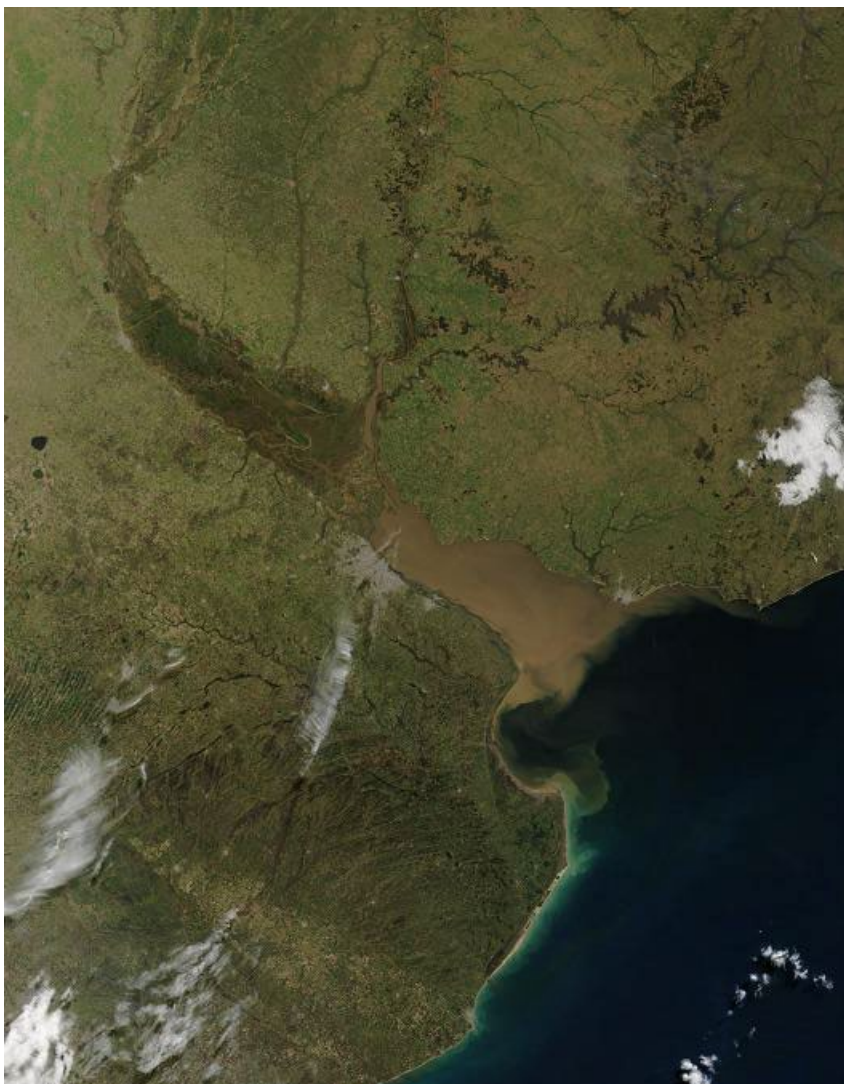
Ismael Piedra-Cueva

Río de la Plata:

corrientes y sedimentos











BERMEJO



BERMEJO



BERMEJO



BERMEJO



BERMEJO



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



BERMEJO



BERMEJO



BERMEJO



BERMEJO



BERMEJO



BERMEJO



BERMEJO

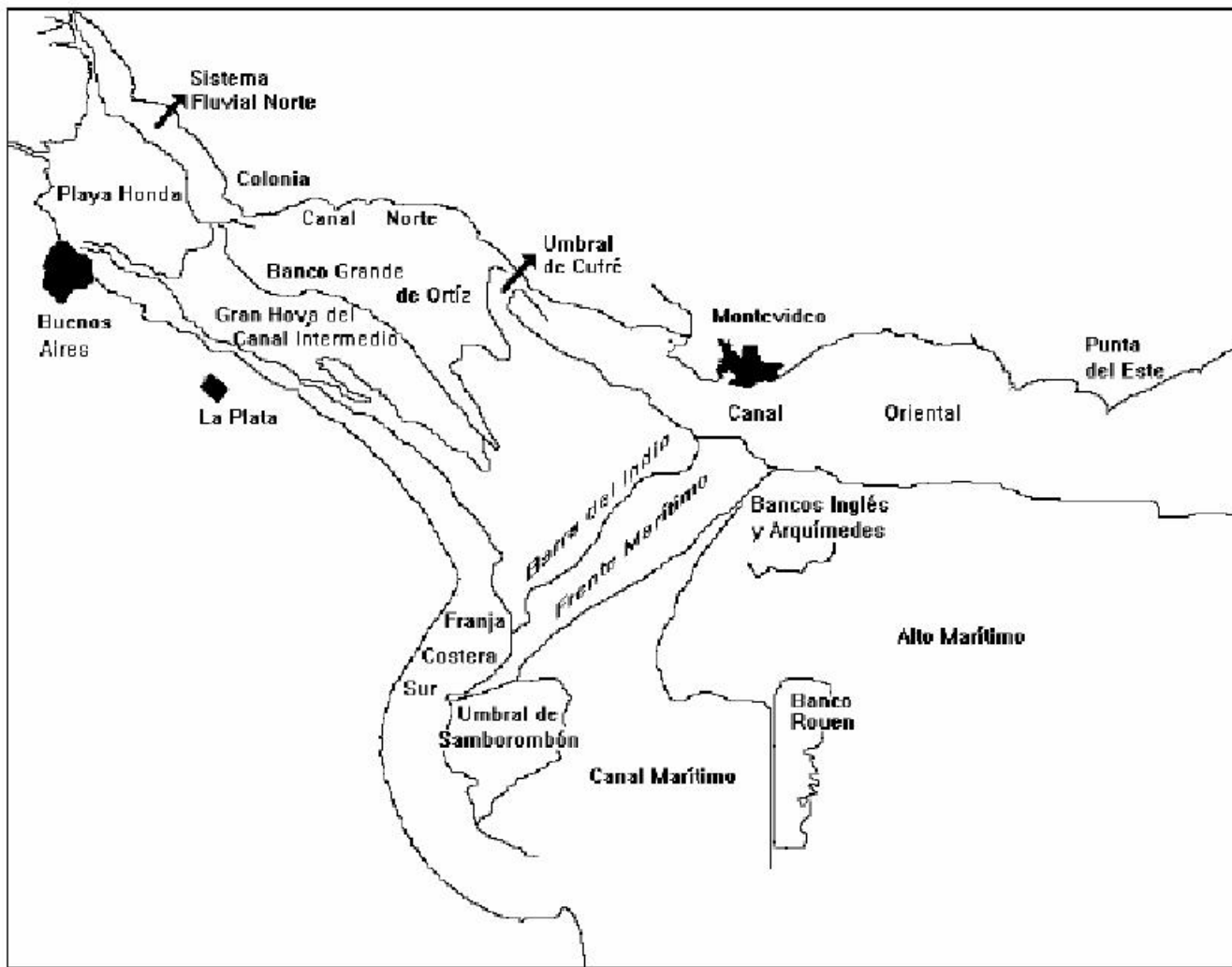


BERMEJO



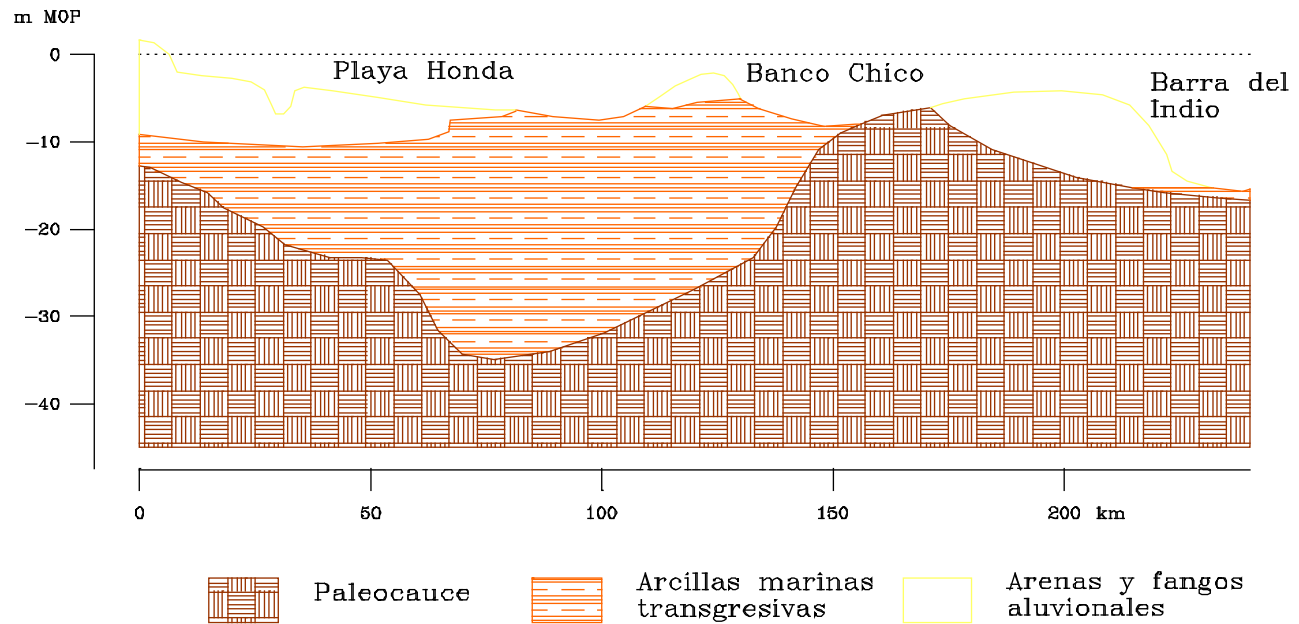
UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

Principales unidades



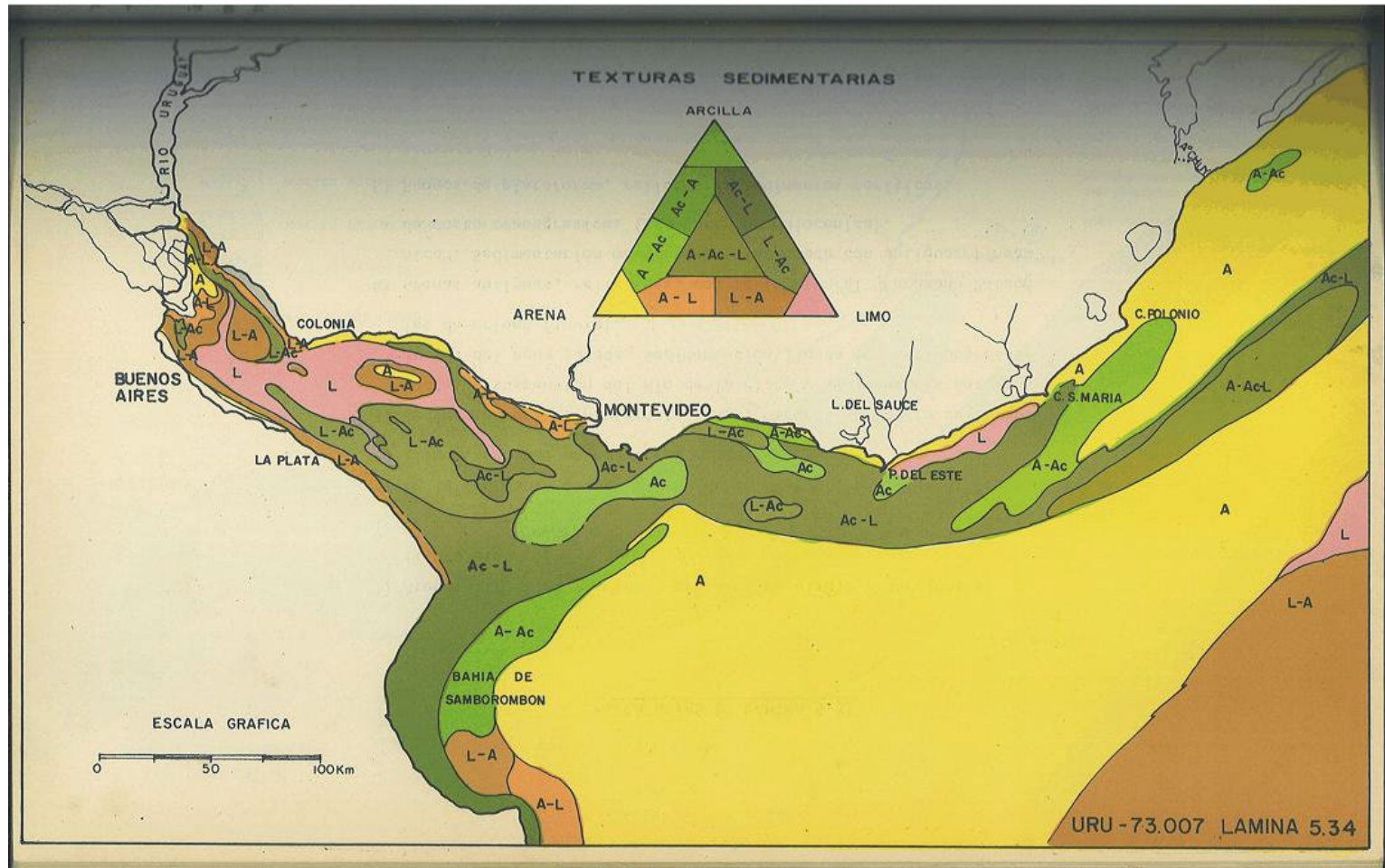
Cavallotto (1987) y Parker y López Laborde (1988, 1989)

Sedimento de fondo



Parker (1985)

Textura sedimentos de fondo



Sedimento suspensión: Aportes I

- La mayor parte de los sedimentos finos aportados al Río de la Plata provienen del Bermejo.
- Drago & Amsler (1988):
 - establecieron que el 80% del material en suspensión es carga de lavado
 - Limite superior carga lavado es 32 micrones
 - En períodos máximo aporte sólido (diciembre-mayo) concentraciones en Paraná Medio varían entre 100-300 mg/l (con máximos de 450 mg/l)

Sedimento suspensión: Aportes II

- Los aporte del Río Uruguay, de acuerdo a Irigoyen et al (1998), la concentración media de finos a la salida represa es de 25-30 mg/l, con valores máximos entre 40-60 mg/l.

Sedimento suspensión

Ballast - Boskalis (1992)

<i>Ubicación</i>	<i>Canal de Acceso (Km)</i>			
	12	16,9	17	22
<i>Respecto del canal</i>	Eje	Fuera	Eje	Eje
<i>Profundidad (m)</i>	10,0	7,5	10,5	12,5
<i>Altura del fondo (m)</i>	0,5	0,5	0,36	0,5
<i>Conc. Sales (mg/l)</i>	148,5	148,0	177,6	166,0
<i>Conc. Limos (mg/l)</i>	164,34	132,84	70,85	146,31
<i>Conc. Arcillas (mg/l)</i>	80,26	41,07	44,26	44,69
<i>Conc. Arenas (mg/l)</i>	0,03	0	0	0,09
<i>Conc. Sedimentos (mg/l)</i>	244,63	173,91	115,11	191,09
<i>Conc. total (mg/l)</i>	393,13	321,91	292,71	357,09
<i>Vel. Caída (cm/min)</i>	0,130	0,117	0,092	0,117
<i>d₅₀ (μm)</i>	4,20	4,80	4,96	4,88

Ws (mm/s)

0.021

0.019

0.015

0.019

Sedimento suspensión

Ballast - Boskalis (1992)

Ubicación	Km 37 Canal de Acceso				Canal Intermedio Km 38 Km 49,2	
Respecto del canal	Fuera	Fuera	Eje	Eje	Eje	Eje
Profundidad (m)	8,3	8,3	10,2	10,2	12	11,5
Altura del fondo (m)	0,5	5,0	0,5	6,1	Integrada	Integrada
Conc. Sales (mg/l)	148,6	148,6	148,6	148,6	-	-
Conc. Sedimentos (mg/l)	160,1	168,1	166,7	170,5	113,0	121,0
Conc. Total (mg/l)	308,7	316,7	315,3	319,1	-	-

Sedimento suspensión

Ballast - Boskalis (1992)

<i>Ubicación</i>	<i>Km 50 Canal Intermedio</i>			
<i>Respecto del canal</i>	Eje	Eje	Fuera	Fuera
<i>Profundidad (m)</i>	12,1	12,1	11,0	11,0
<i>Altura del fondo (m)</i>	0,5	7,3	0,5	6,6
<i>Conc. Sales (mg/l)</i>	148,6	148,6	148,6	148,6
<i>Conc. Sedimentos (mg/l)</i>	121,2	112,3	148,0	130,9
<i>Conc. Total (mg/l)</i>	269,8	260,9	296,6	279,5

Sedimento suspensión

Ballast - Boskalis (1992)

Ubicación	Canal Intermedio (Km)							
	129,3	129,3	130,8	130,8	146,5	146,5	147,2	147,2
Respecto del canal	Eje	Eje	Fuera	Fuera	Fuera	Fuera	Fuera	Fuera
Profundidad (m)	10,5	10,5	9,0	9,0	6,4	6,4	7,3	7,3
Altura del fondo (m)	0,5	6,3	0,5	5,4	0,5	3,80	0,5	4,4
Conc. sales (mg/l)	170,0	160,0	160,0	165,0	163,0	280,9	446,7	675,6
Conc. limos (mg/l)	249,76	134,99	220,5	123,12	92,05	215,69	75,46	94,75
Conc. Arcillas (mg/l)	124,41	89,58	82,20	112,58	118,36	96,94	165,57	154,37
Conc. Arenas (mg/l)	23,43	0,01	33,92	12,07	0,51	0,01	0,49	0,35
Conc. Sedimentos (mg/l)	397,60	224,58	336,62	247,77	210,90	312,64	241,52	249,47
Conc. total (mg/l)	567,60	394,58	496,62	412,77	373,90	593,53	698,22	925,04
Vel. Caída (cm/min)	1,720	0,730	0,920	0,100	0,070	0,730	<0,070	<0,070
d₅₀ (μm)	16,70	11,00	12,20	4,50	3,00	11,80	-	-
Ws (mm/s)	0.28	0.12	0.15	0.016	0.011	0.12	0.011	0.011

Montevideo Ws = 0.12 mm/s para C=1.2 gr/l (IMFIA)

Sedimento suspensión (Intecsa 1986)

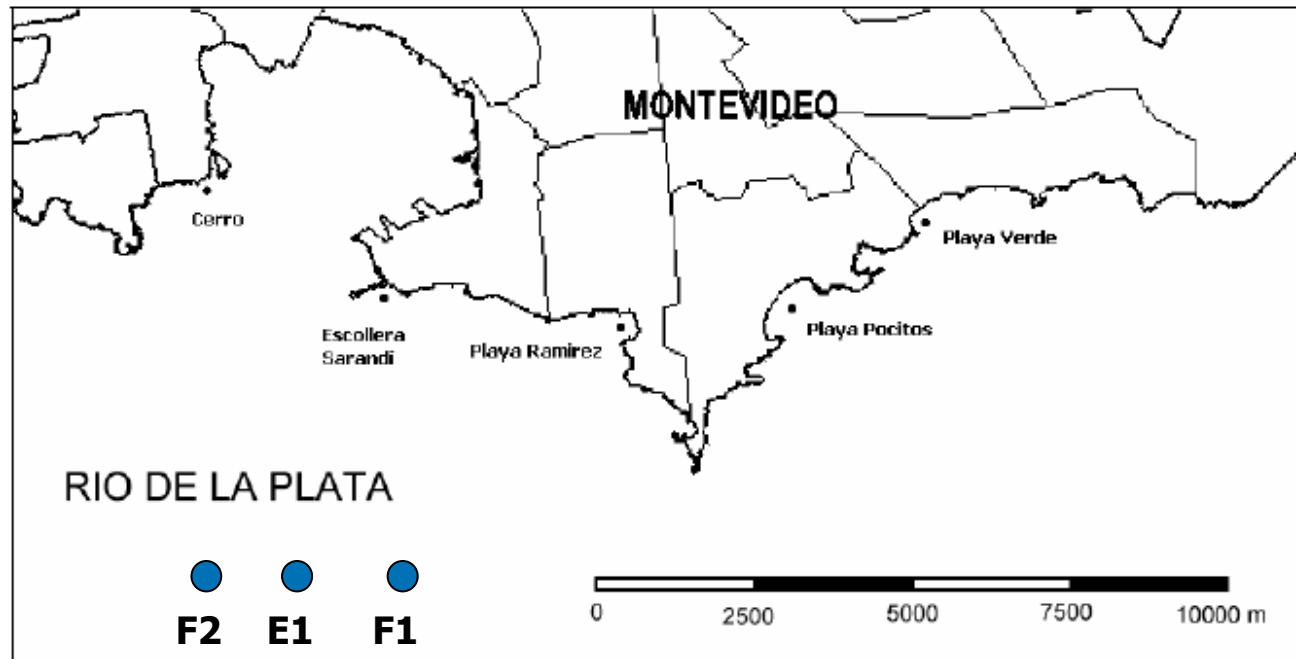
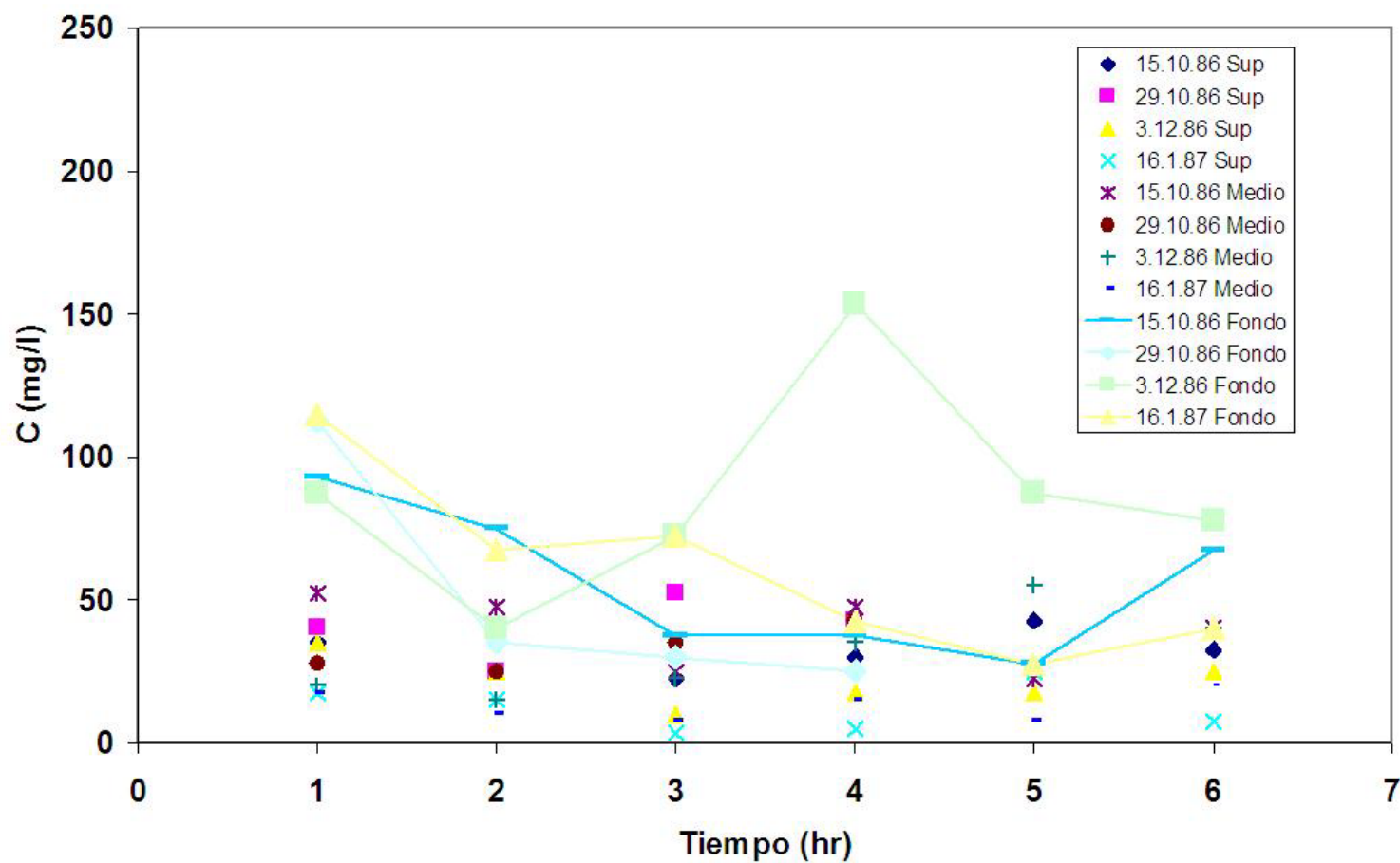


Figura 4-6.- Ubicación de las estaciones de medición de salinidad en la costa de Montevideo.

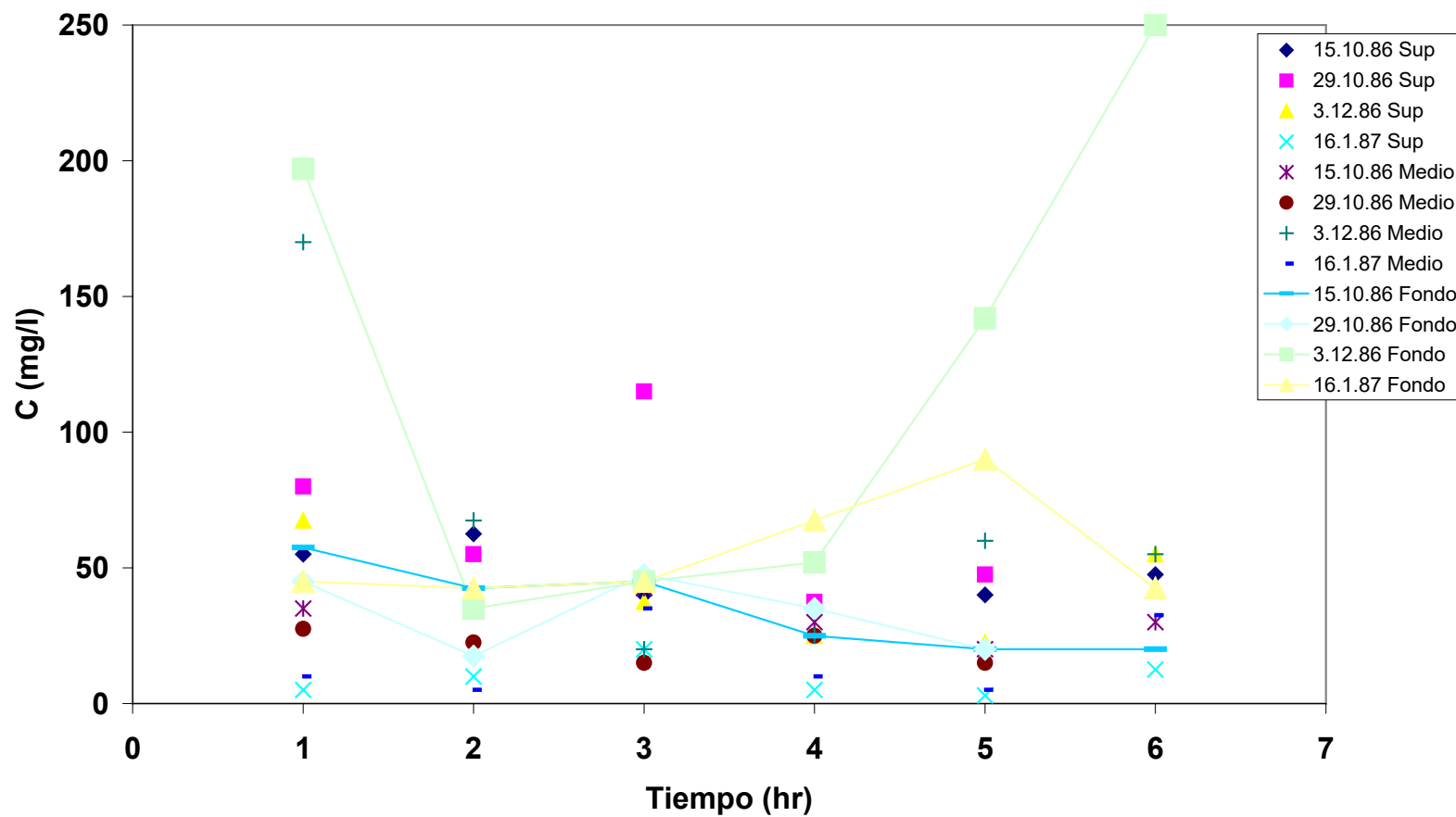
Montevideo (Intecsa)

Punto F1



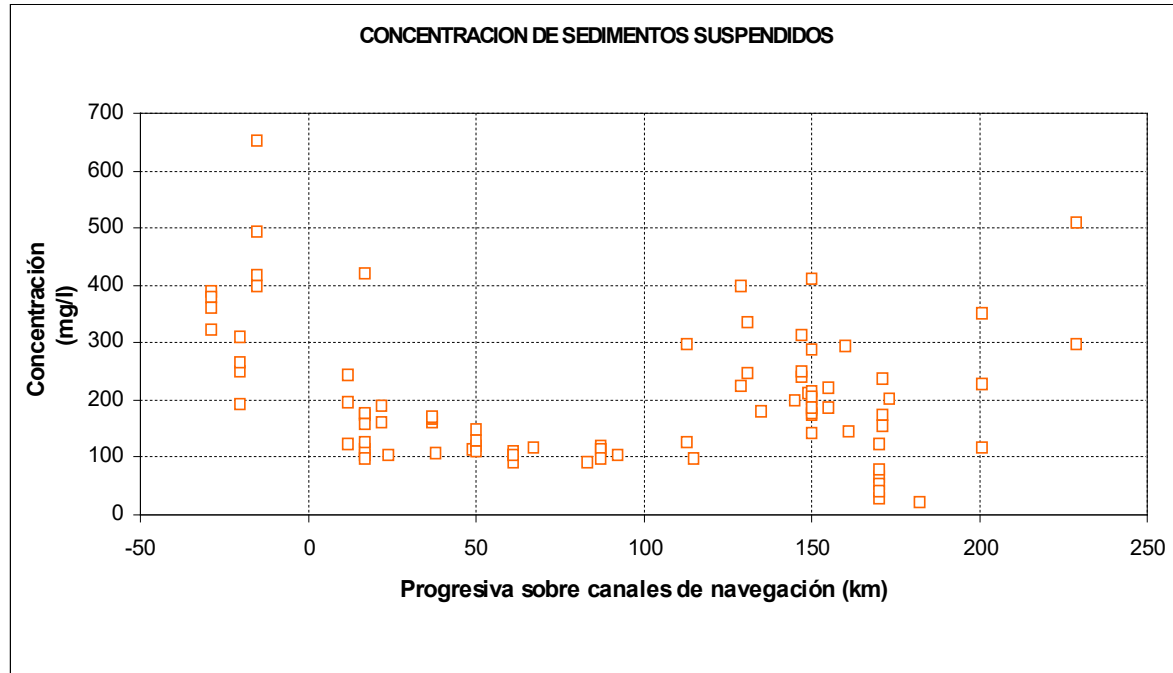
Montevideo (Intecsa)

Punto F2

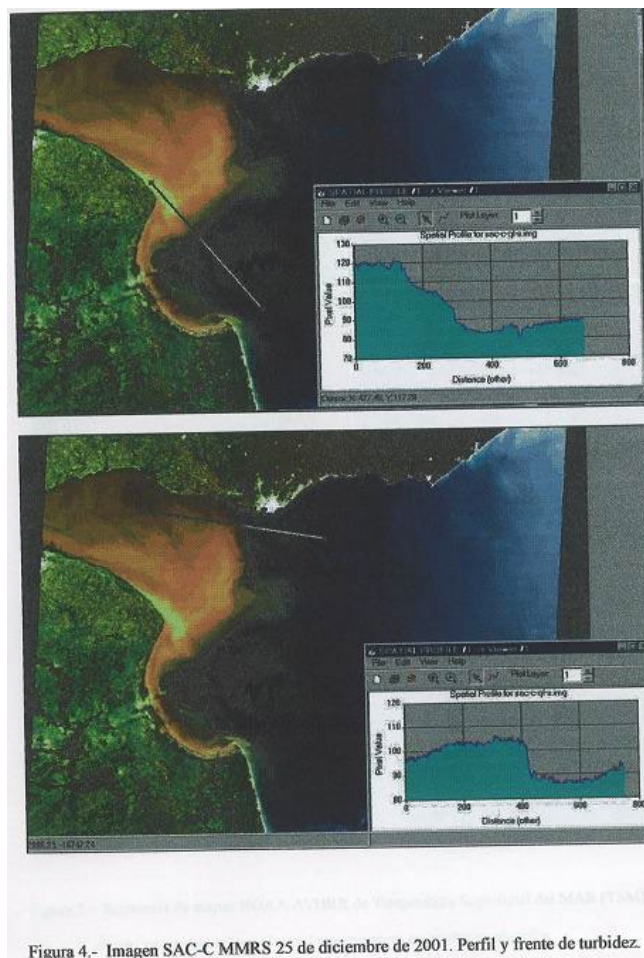


Sedimento suspensión

Ballast - Boskalis (1992)



Frente de turbidez (2001) Freplata



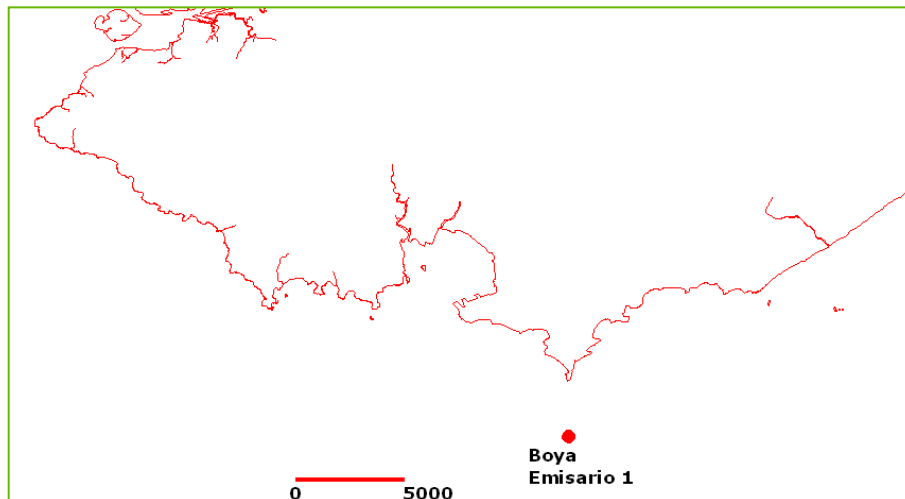
Perfiladores Acústicos

Punta Brava, Costa de Montevideo

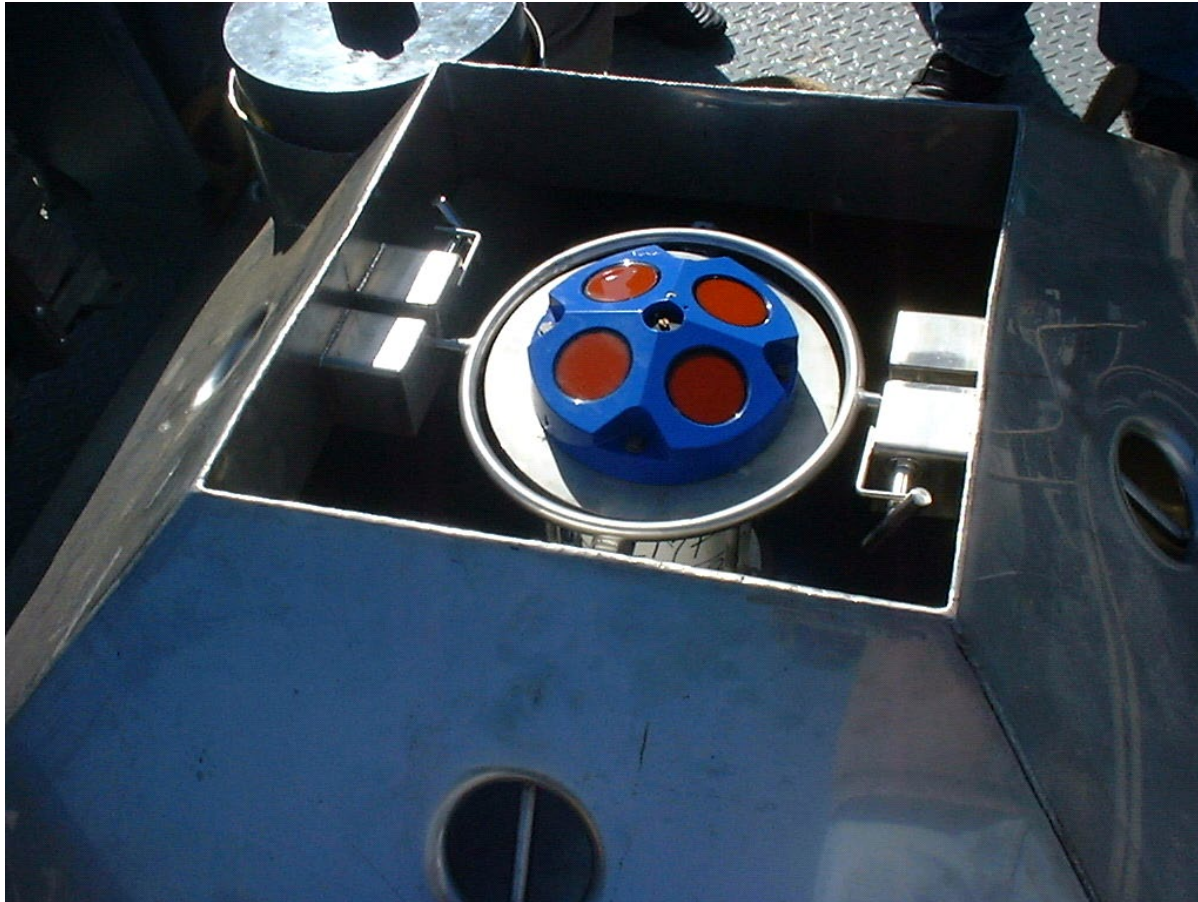
Lugar de Estudio



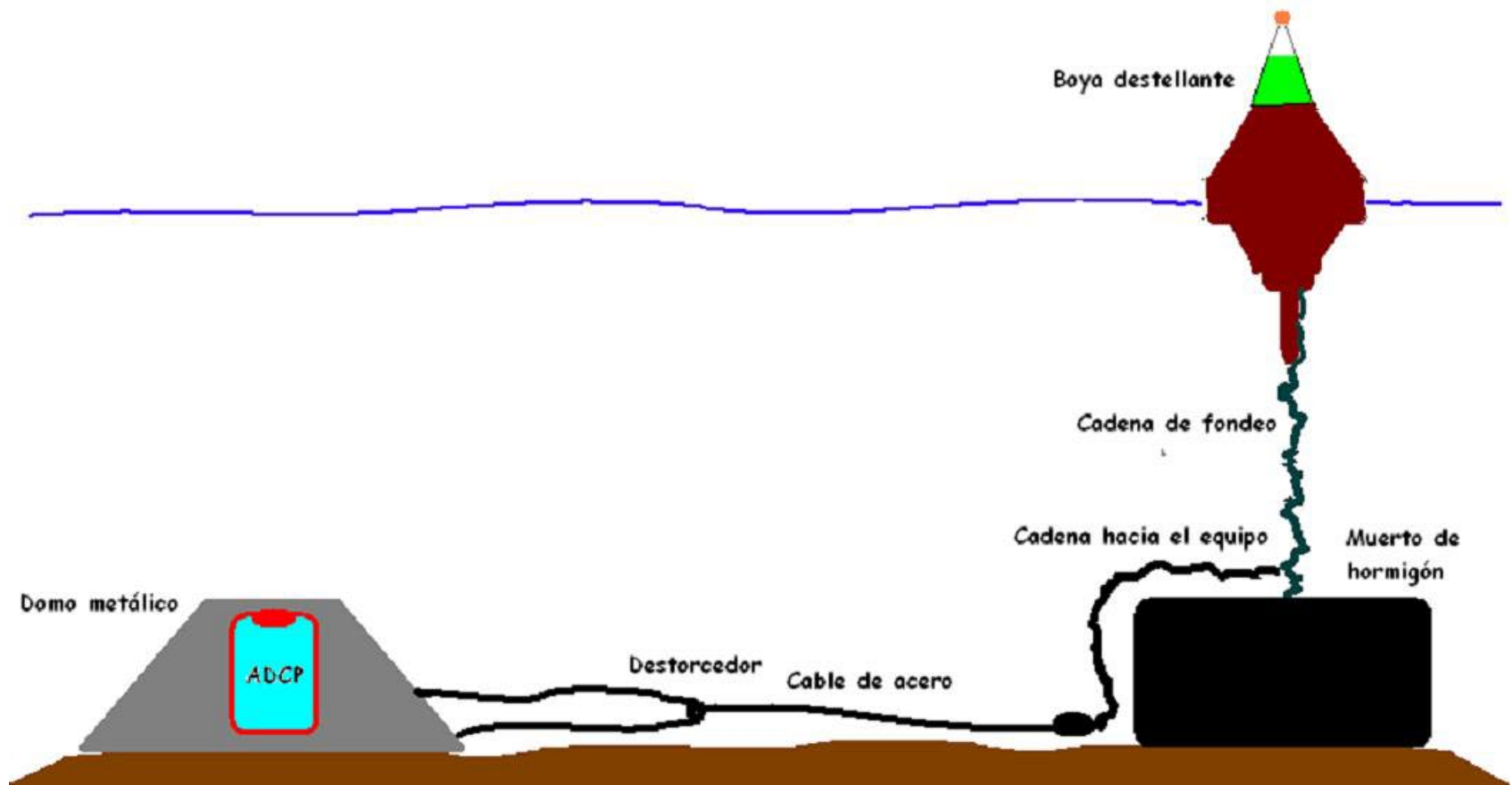
- Ubicado en las inmediaciones de la descarga del emisario de Montevideo.
- Coordenadas:
 - $34^{\circ} 57' 36''$ S;
 - $56^{\circ} 09' 39''$ W.
- Profundidad media en el lugar es aprox. 8,0 m.



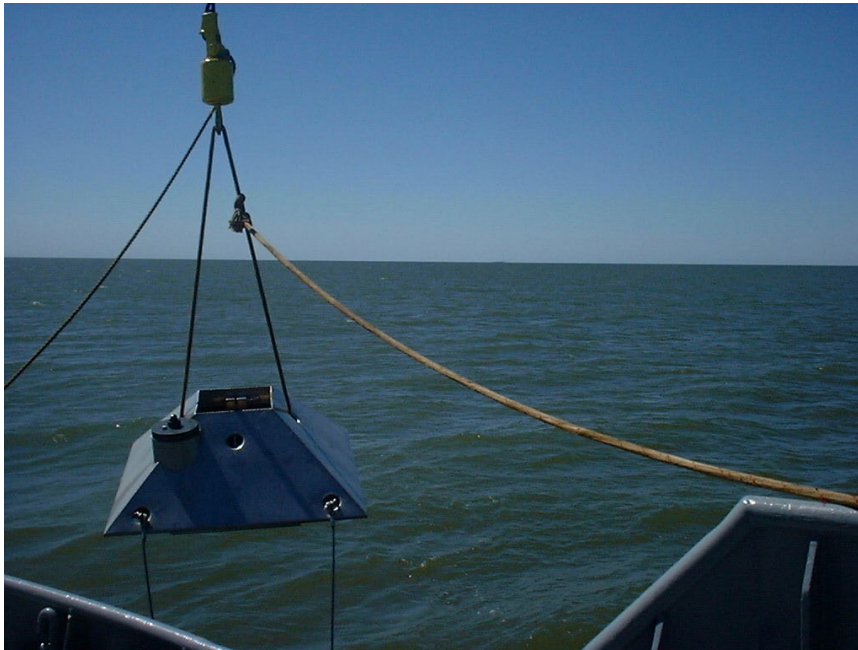
ADCP



Esquema de la instalación del ADCP.



Imágenes de la Instalación



Detalle de la pirámide en el momento del fondeo.



Detalle de la pirámide junto con la boya Emisario 1

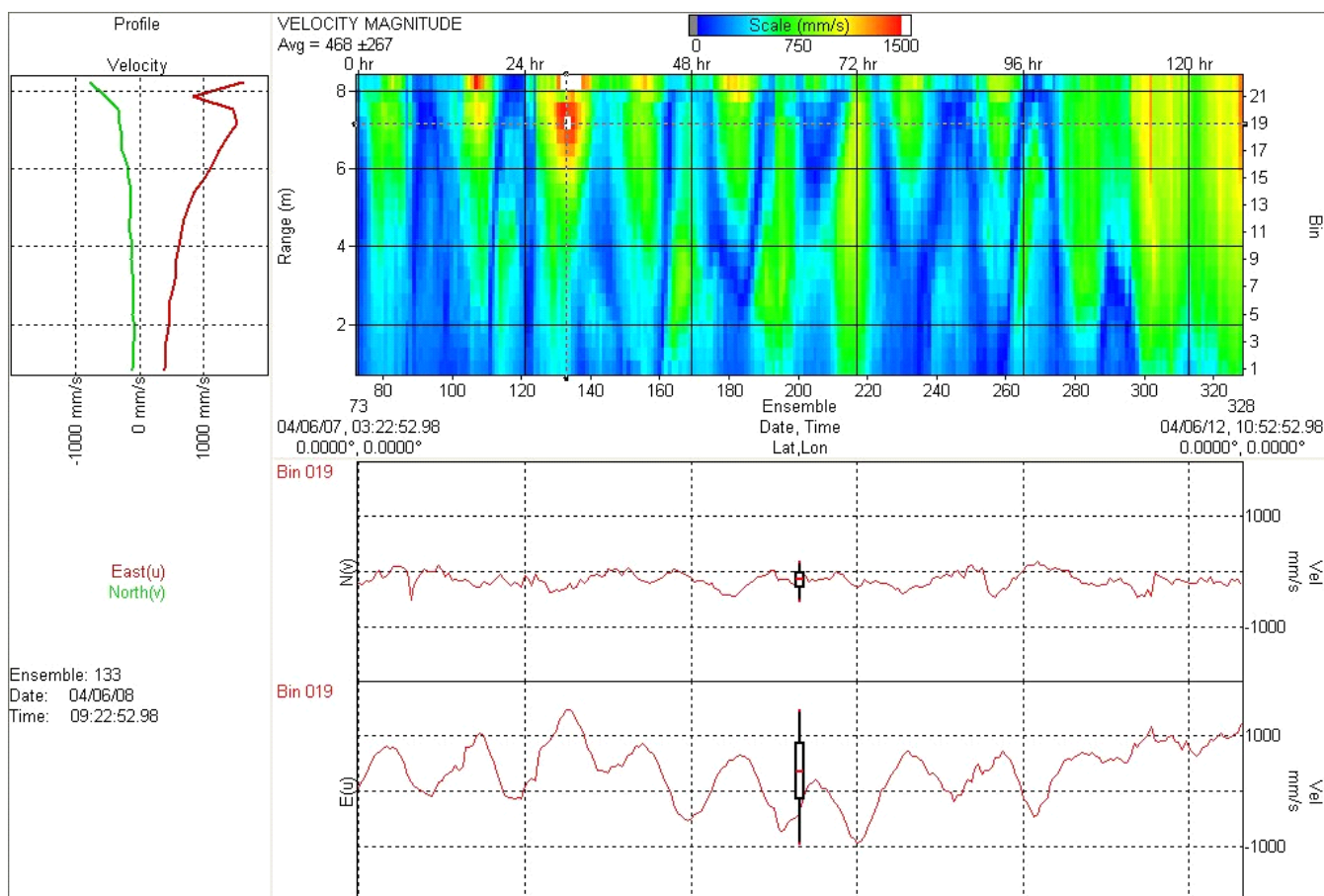


ADCP ubicado en su jaula para ser colocado en la piramide.



Imagen de la jaula instalada en la piramide metalica.

Velocidad corriente



Salinidad estaciones costeras

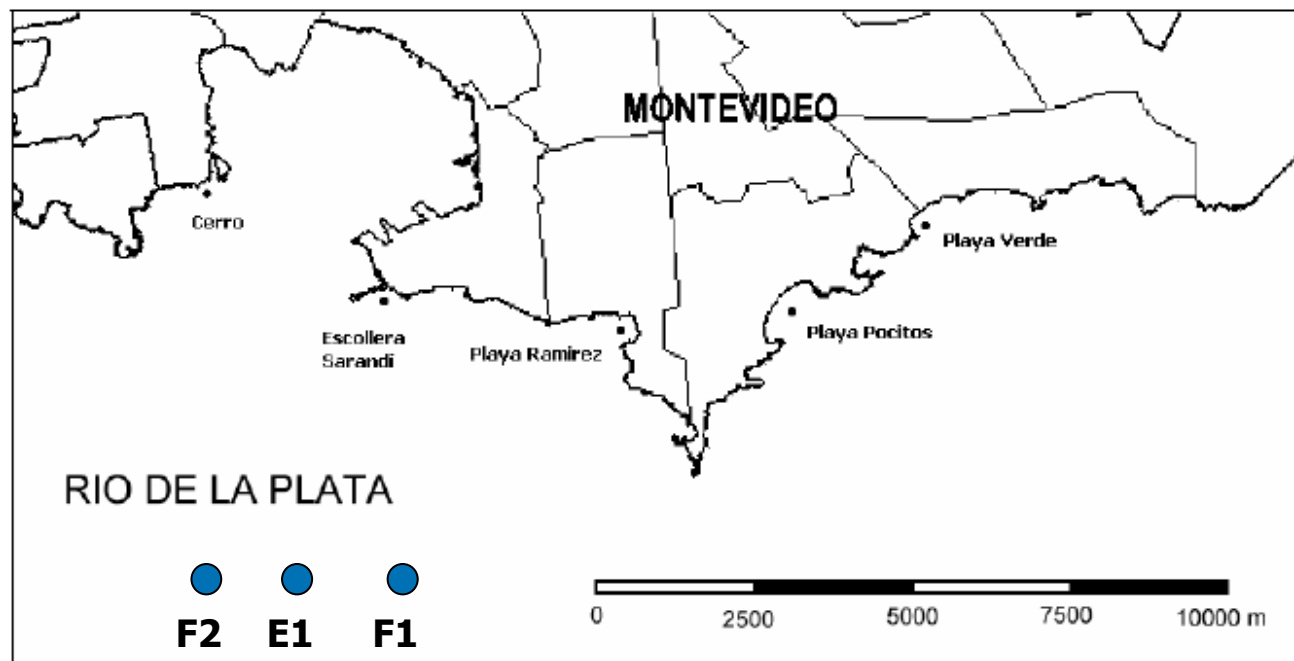


Figura 4-6.- Ubicación de las estaciones de medición de salinidad en la costa de Montevideo.

Salinidad estaciones costeras

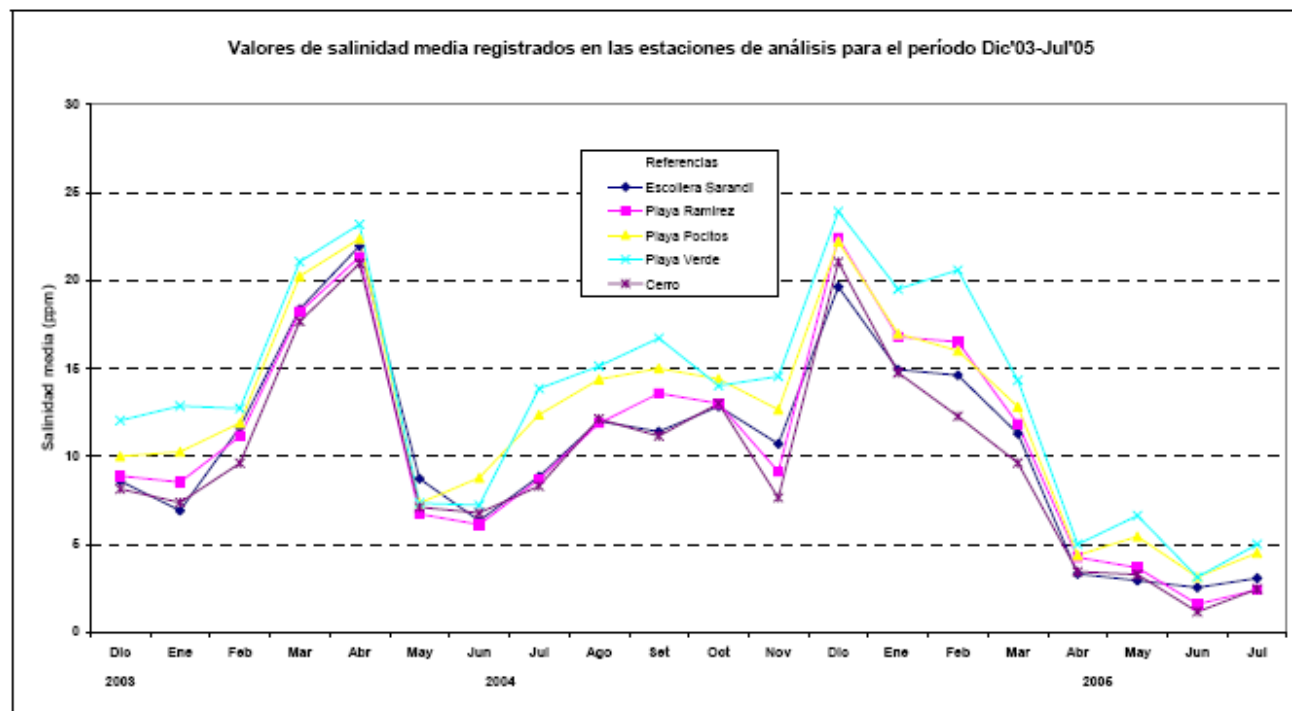


Figura 4-7.- Salinidad media mensual calculada en las cinco estaciones seleccionadas.

Caracterización vertical velocidad

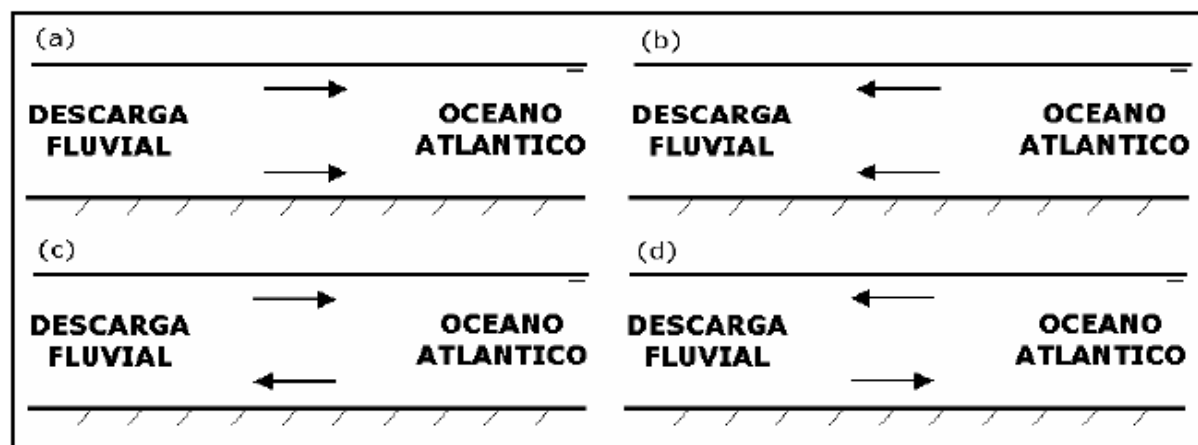


Figura 5-1: Esquema del flujo tipo (a) descarga, (b) acumulación, (c) circulación gravitacional y (d) flujo inverso.

Tipo de Flujo	Frecuencia de ocurrencia (%)
Descarga	38,9
Acumulación	34,8
Circulación gravitacional	22,4
Flujo inverso	3,6

Tabla 5.1: Frecuencia de ocurrencia de los tipos de flujo instantáneo.

Tipo de Flujo	Frecuencia de ocurrencia (%)
Descarga	36,9
Acumulación	35,4
Circulación gravitacional	25,1
Flujo inverso	2,1

Tabla 5.2: Frecuencia de ocurrencia de los tipos de flujo para la corriente residual media.

Perfil vertical velocidad promedio

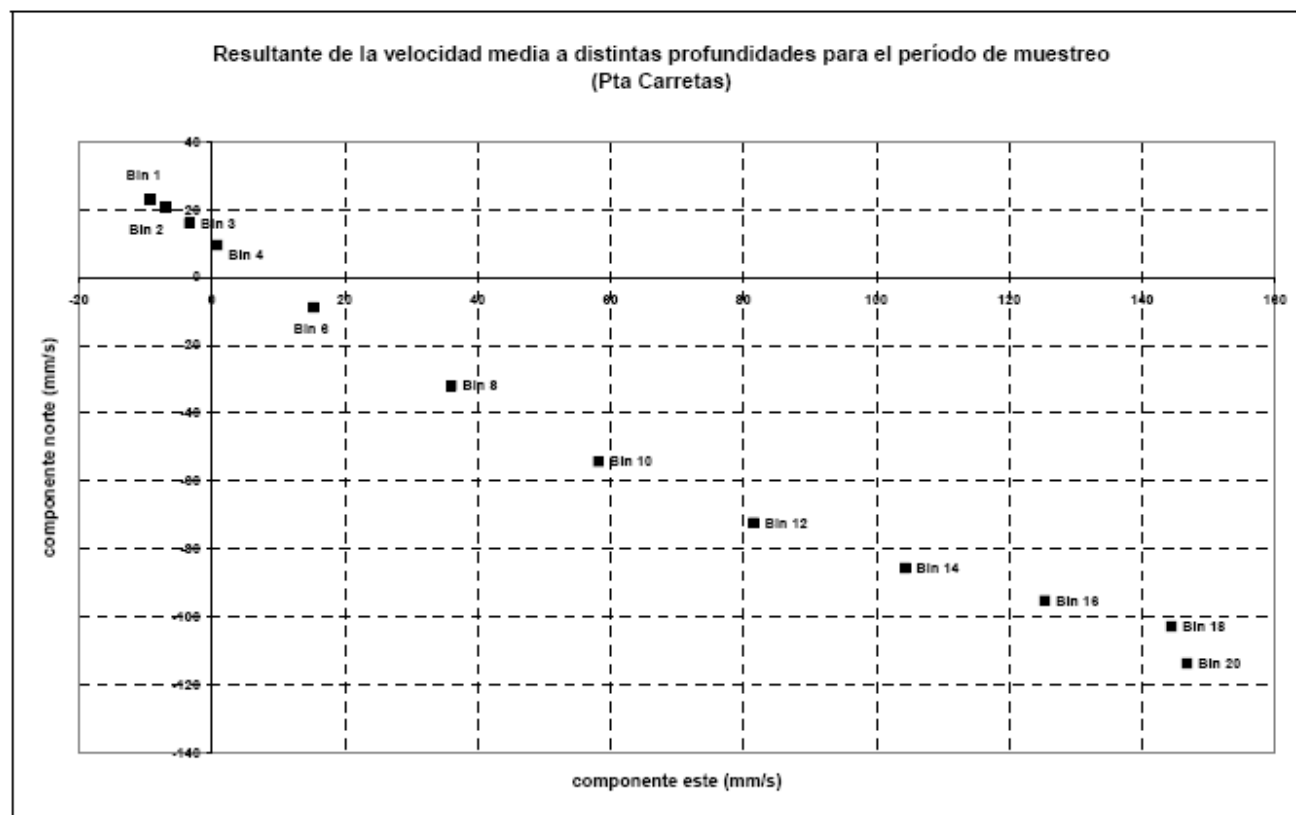


Figura 6-8.-Resultante de la velocidad promedio medida a distintas profundidades.

Determinación de Sedimentos Utilizando Perfiladores Acústicos



A partir de Ecuación de SONAR

(Urlick 1975):

$$SSC_{est} = 10^{(k_1 + k_2 \times RB)}$$

Donde:

SSC: es la concentración de sólidos suspendidos estimada.

RB=RL+2TL, es la suma del eco recibido por el instrumento y la magnitud perdida por el viaje de la onda

k1 y k2 son coeficientes a calcular en la calibración de campo.

Calculo de cada término.

- $RL = Kc.(E - Er)$
 - $Kc = 0,35 - 0,55$ (Deines, 1999).
 - Er = Medida de intensidad de eco en agua limpia (Nivel de referencia).
 - E = Medida de intensidad de eco.
- $2TL = 20\log(R) + 2aR$
 - R = nivel de la celda
 - a = coeficiente de absorcion

Ventajas de la Metodología

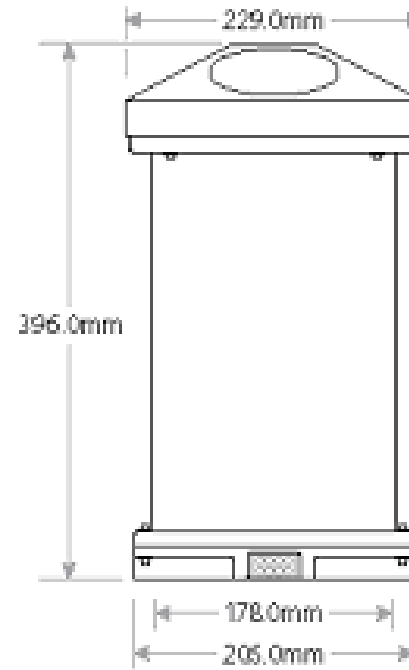
- Es un técnica no intrusiva.
- Permite alta resolución temporal y espacial.

Desventajas

- Requiere calibración mediante algún método tradicional (en nuestro caso la extracción de muestras).
- Puede existir una atenuación extra de sonido, de difícil evaluación, por la alta concentración de partículas.
- Posible afectación de la forma de las partículas en suspensión

Perfilador de corriente acústico (ADCP)

- Se utiliza un perfilador acústico de la firma ADCP de 1228 KHz.
- Permite obtener el perfil de corrientes en 22 celdas distribuidas en la vertical.
- Se ubica en una pirámide de acero inoxidable en el lecho del río



Dimensiones del ADCP
utilizado (Fuente RD
Instruments)

Detalles del seteo.

- **Corrientes:** se toman medidas cada $\frac{1}{2}$ hora, en las cuales se emite un pulso cada 1 segundo y se promedia en 2 minutos.
- **Olas:** se toman medidas cada 3 horas, en las cuales se emite un pulso cada $\frac{1}{2}$ segundo durante 20 minutos.

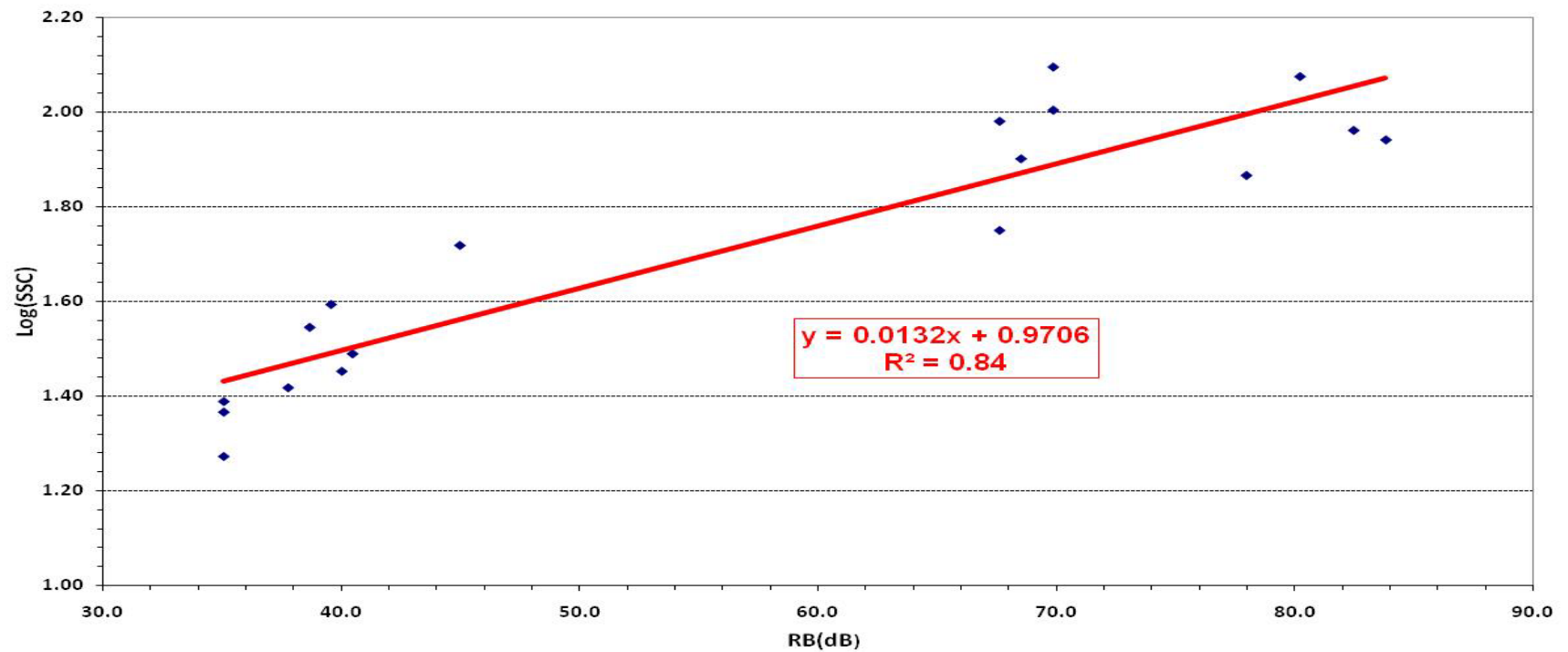
Botellas Muestreadoras

- Botellas muestreadoras (marca NISKIN).
- Permiten obtener muestras discretas a profundidades deseadas, para ser analizadas en laboratorio.
- Se acciona mediante un simple sistema mecánico desde la superficie.

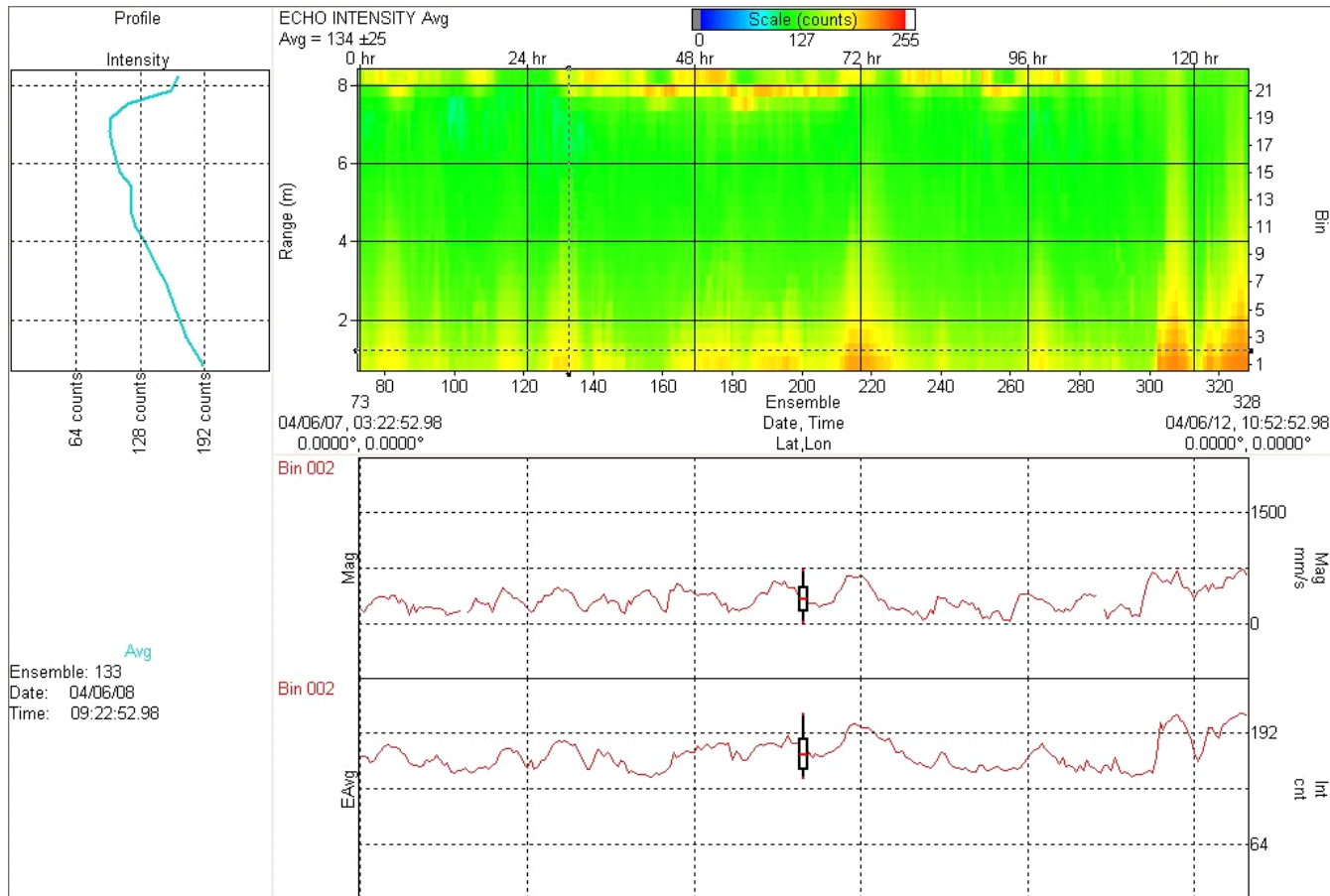


Calibración

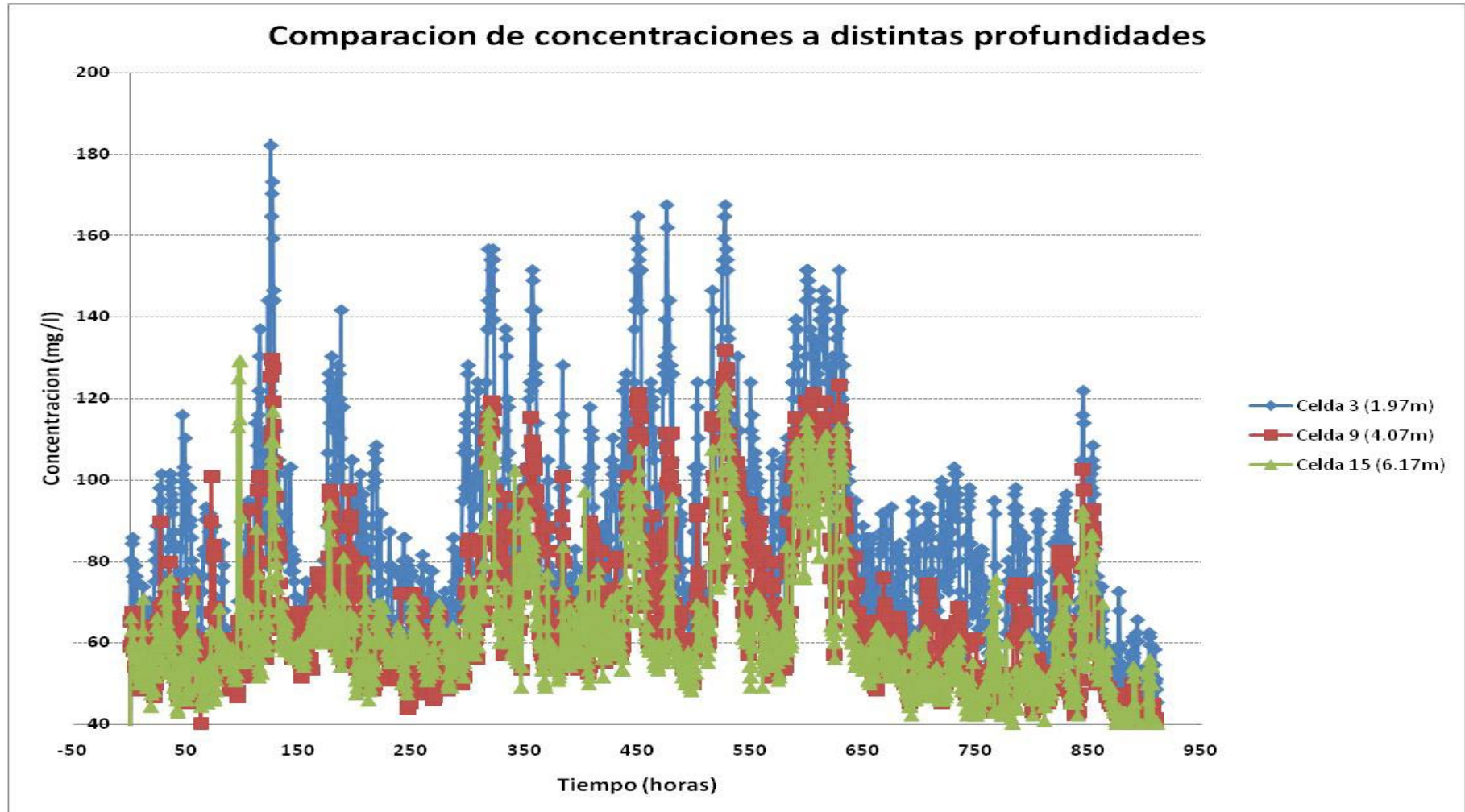
Calibración realizada para datos de sedimentos obtenidos en Pta Brava (período 05-06)



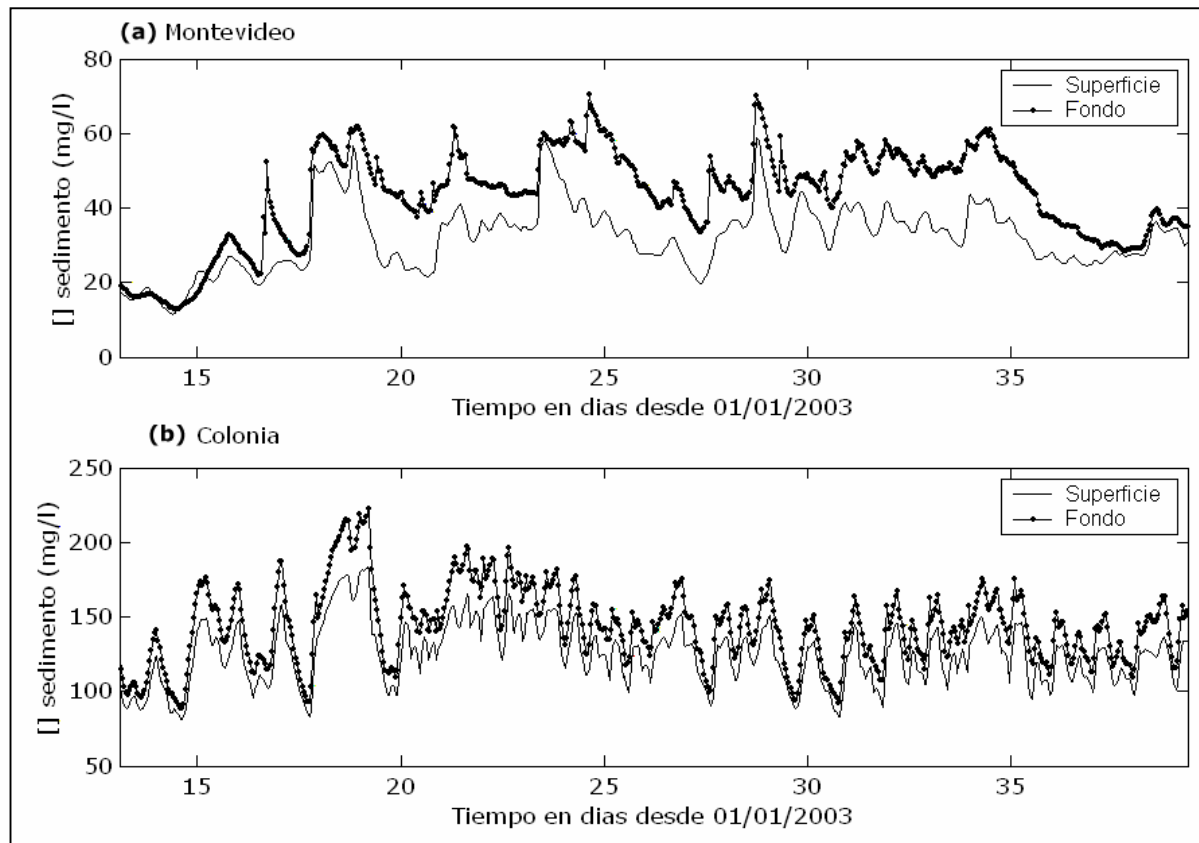
“Concentración sedimento suspensión” – velocidad de fondo



Concentración de sedimentos en la vertical

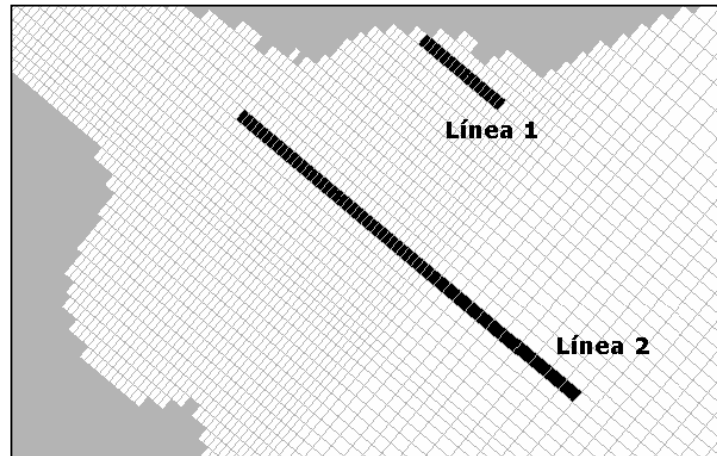


Sedimento suspensión

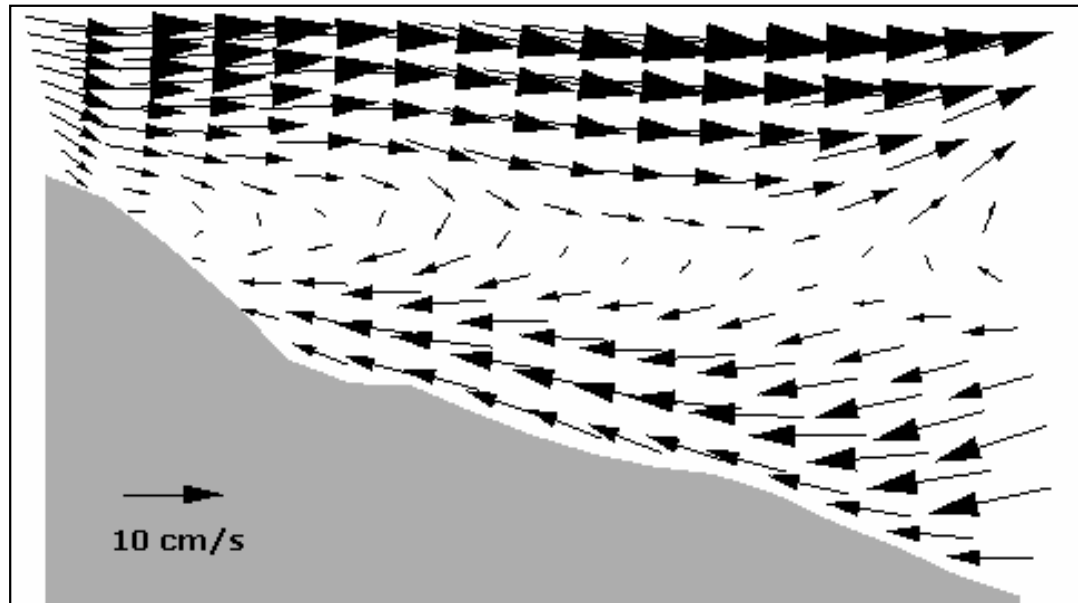


Variación temporal de la concentración de sedimento cohesivo en suspensión obtenida con el modelo en la capa superficial y en la capa de fondo, en (a) Montevideo y (b) Colonia.

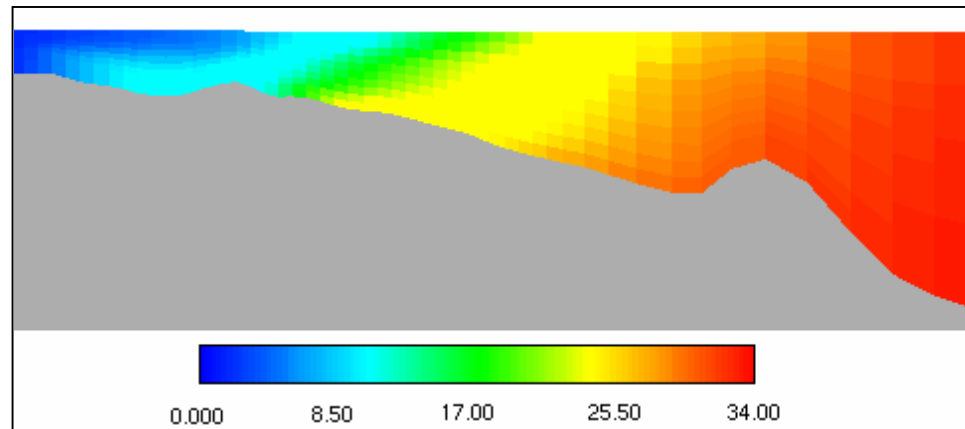
Perfiles vertical velocidad & salinidad



Perfil vertical velocidad residual, línea 1

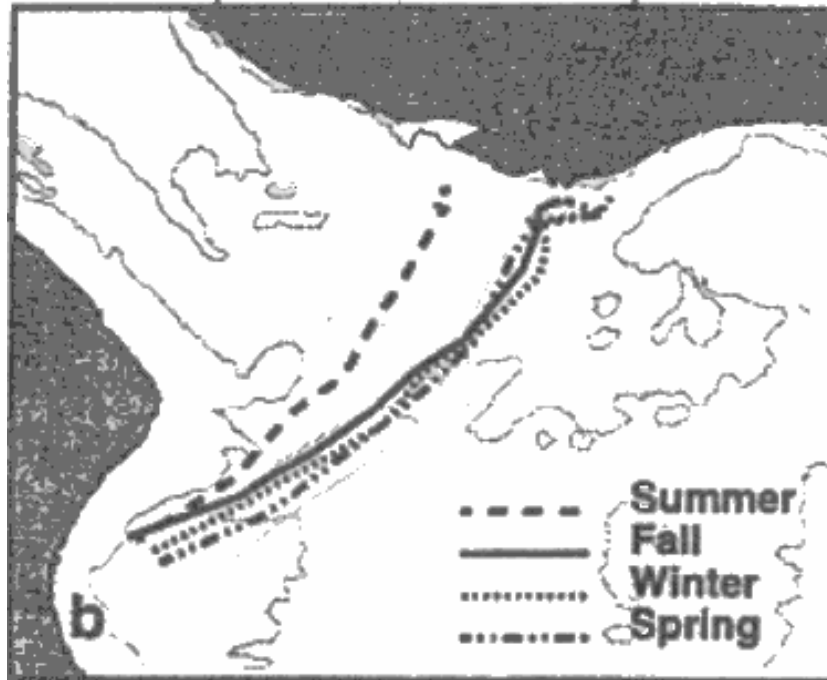


Perfil vertical salinidad – línea 2

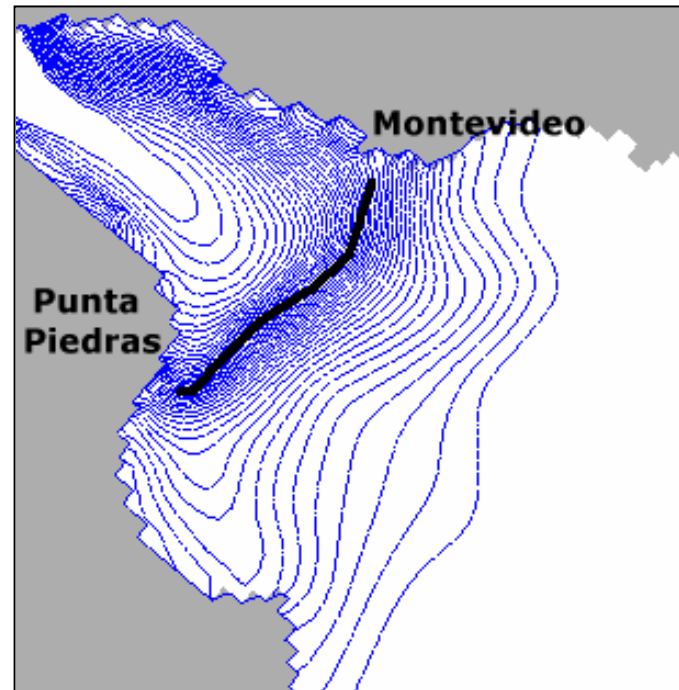


Variación estacional frente turbidez

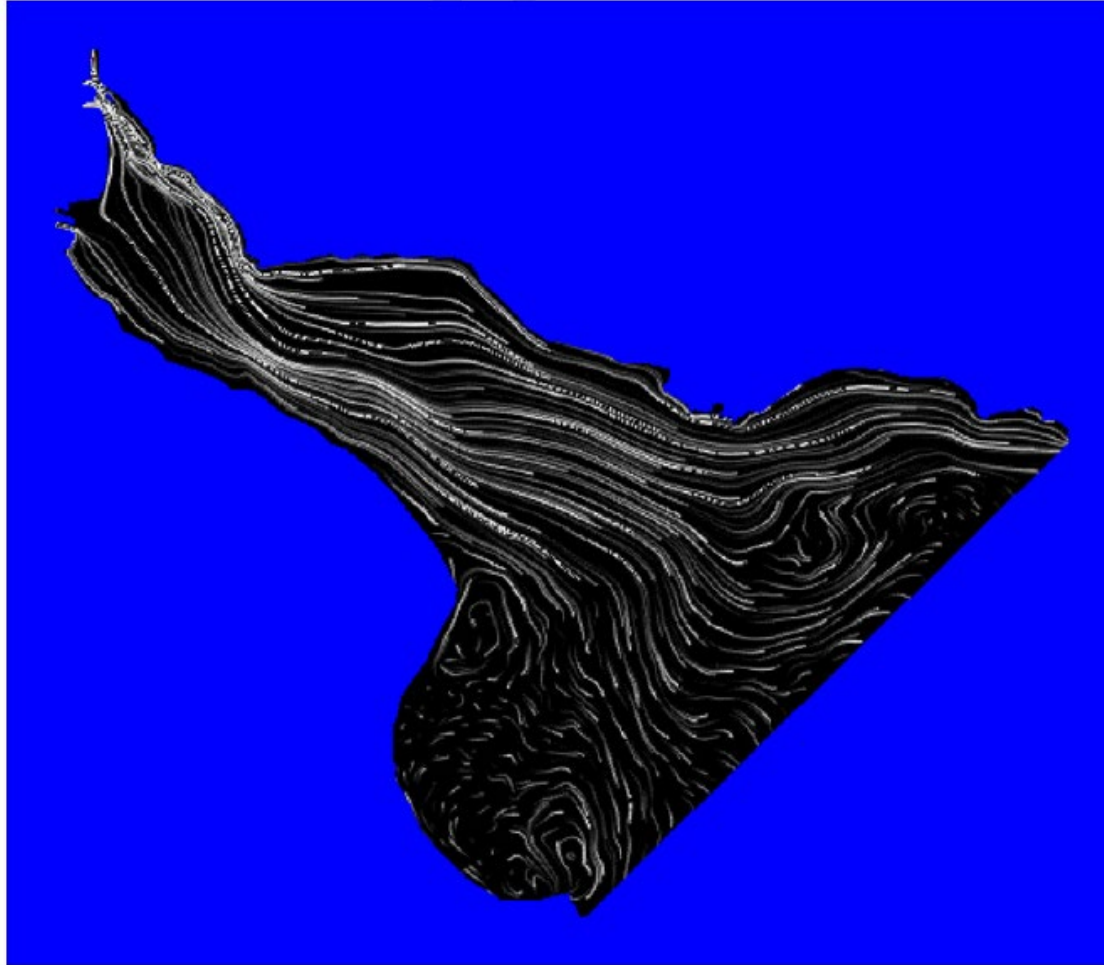
Framiñan & Brawn 1996

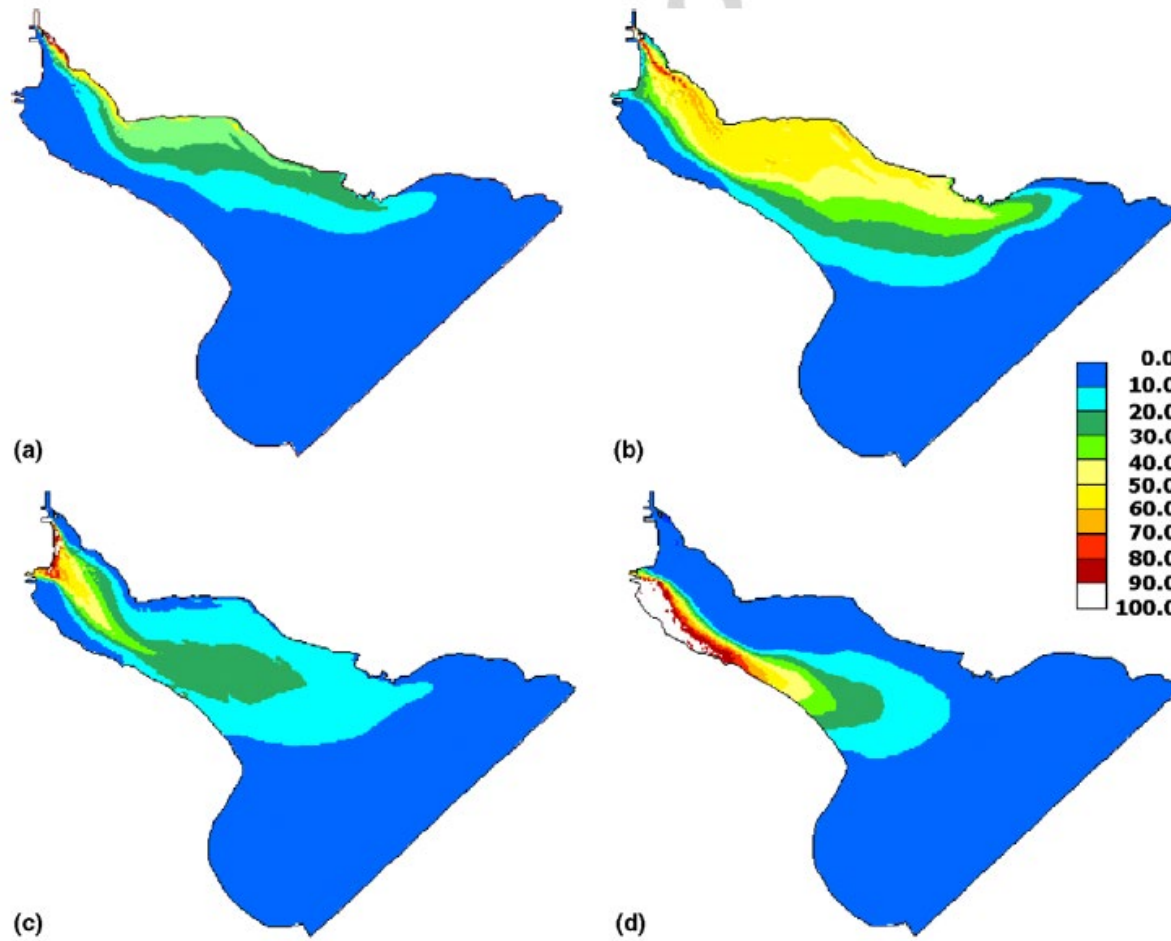


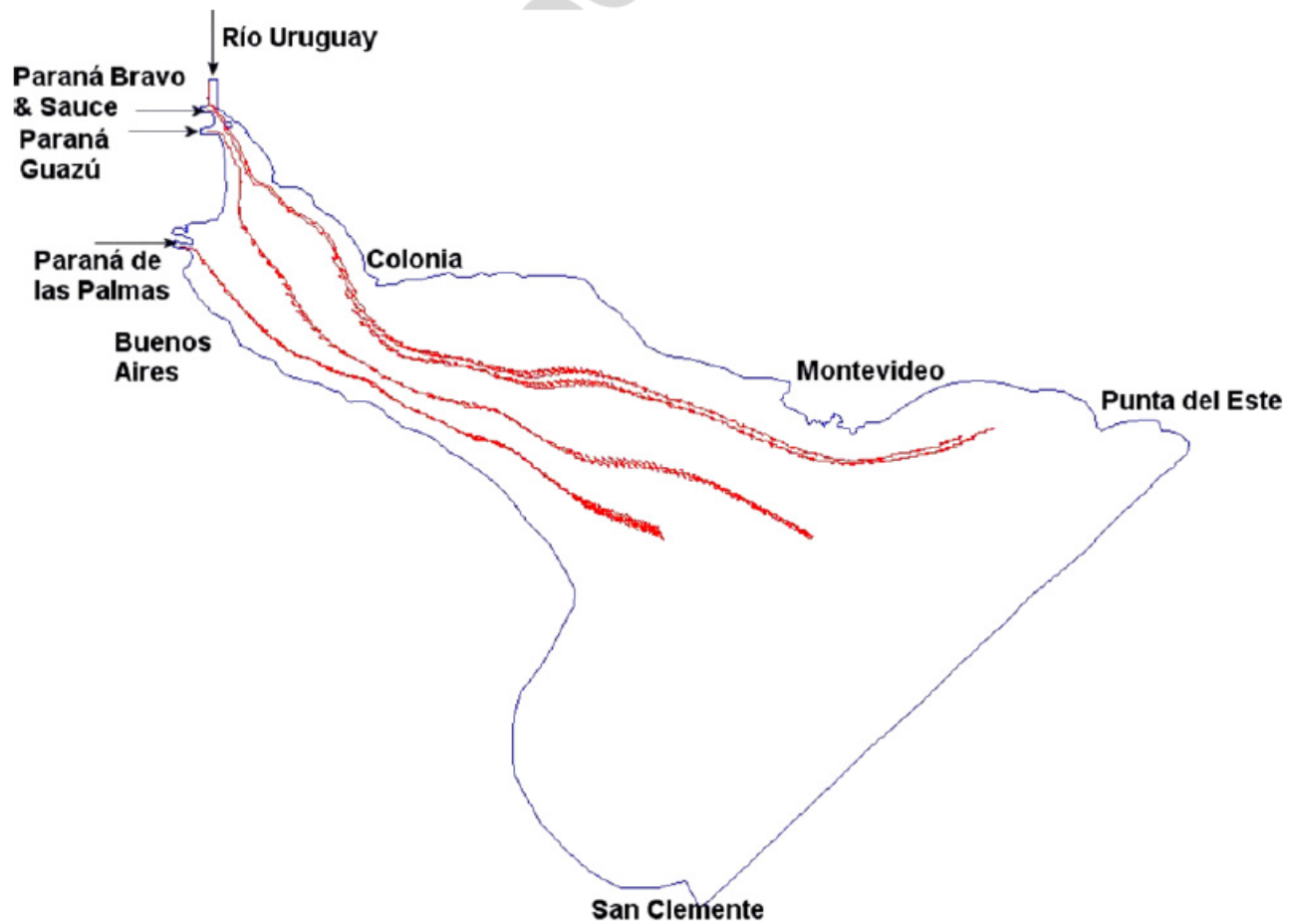
Frente de turbidez: modelo



Líneas de flujo









●

Gracias



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

