Campaña Oceanográfica
ARA Puerto Deseado 2013-04 "STSF2013"

2 al 12 de octubre de 2013

Alberto R. Piola
Jefe Científico
en navegación, 12 de octubre de 2013

La campaña STSF es la principal actividad de campo asociada al proyecto denominado ***Export of shelf waters along the Subtropical Shelf Front: A one way ticket?*** (o Exportación de aguas de la plataforma continental a lo largo del Frente Subtropical de Plataforma: Un boleto de ida?, ver http://sacc.coas.oregonstate.edu/~sacc/index.php), financiado por el Instituto Inter-Americano para la Investigación del Cambio Global (IAI), proyecto SGP2076. El IAI es financiado por la National Science Foundation (grant GEO-0452325. Los objetivos específicos del proyecto son: i) Determinar si el STSF es un sitio preferencial para el intercambio de aguas entre la plataforma continental y el océano profundo y ii) Determinar los cambios de las propiedades físicas, biológicas y biogeoquímicas característicos de las aguas de plataforma a lo largo del STSF y su variabilidad de corto período. El proyecto es una colaboración internacional en la que participan investigadores de 8 instituciones académicas y de investigación de cinco países. El proyecto es dirigido por los siguientes investigadores: Argentina: Alberto R. Piola, Servicio de Hidrografia Naval – UBA – CONICET, apiola@hidro.gov.ar, Hermes W. Mianzan, Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero – CONICET, hermes@inidep.edu.ar, Brasil: Edmo J.D. Campos, IOUSP, Universidade de São Paulo, edmo@usp.br, José H. Muelbert, Universidade Federal do Rio Grande, docjhm@furg.br, Osmar O. Möller Jr., Universidade Federal do Rio Grande, dfsomj@furg.br, Chile: Oscar Pizarro, Universidad de Concepción, orpa@profc.udec.cl, EEUU: Kenneth H. Brink, Woods Hole Oceanographic Institution, kbrink@whoi.edu, Ricardo P. Matano, Oregon State University, rmatano@coas.oregonstate.edu y Uruguay: Marcelo Barreiro, Universidad de la República, barreiro@fisica.edu.uy. En esta campaña se realizaron cincuenta y cinco estaciones oceanográficas en la plataforma y talud continental entre 38 y 31ºS. Este informe describe las actividades realizadas durante la campaña denominada STSF2013.

Alistamiento

En los días previos al inicio de la campaña el Ing. Cubiella, el Lic. Valla y el SI Taborda alistaron el equipamiento necesario para las maniobras de CTD. Se re-hizo la conexión electromecánica del cable y se armaron las jaulas protectoras del CTD y roseta pertenecientes al INIDEP.

En tierra se montó el CTD para operar en forma horizontal en la jaula y se ajustó la posición de los sensores, bombas y el cableado de los mismos y se montó un correntómetro acústico *doppler* (ADCP) en la parte inferior de la jaula del CTD. Para compensar parcialmente el peso del ADCP se colocaron tres roletes de hierro en el lado opuesto de la jaula. Posteriormente se comprobó que de este modo el sistema estaba bien balanceado. Asimismo, en tierra se instalaron dos computadoras del grupo de Dinámica Oceánica del SHN en el gabinete oceanográfico ("Biológico"), junto a la que pertenece al buque, utilizada para operar el termosalinógrafo, y se estableció una red local con capacidad para interconectar hasta ocho máquinas. Se instalaron impresora y scanner. En la unidad sumergible se instalaron dos conjuntos de sensores de temperatura y conductividad (primarios y secundarios), dos sensores de O_2, un fluorómetro, un contactor de fondo electromecánico y un altímetro acústico (Figura 1). Los sensores empleados se detallan en la Tabla 1.

En el laboratorio de química se instaló una bureta automática, para la determinación oxígeno disuelto. Debido a que el autoanalizador se encontraba fuera de servicio las muestras de nutrientes fueron tomadas en viales de 5 ml y congeladas en Nitrógeno líquido para su determinación en tierra. Dichas determinaciones serán realizadas en el Laboratorio de Química del Agua de Mar del INIDEP. En el gabinete oceanográfico "húmedo" se encuentra instalado un sistema de titulación de alcalinidad y carbono total construido por la Universidad de Paris, y también se instaló un salinómetro. En este mismo gabinete se instaló un sistema de cubierta para un correntómetro acústico *doppler* perteneciente a la Universidade Federal de Rio Grande (FURG, BR). En el gabinete microbiológico se instaló un tren de filtrado para muestras de agua para la determinación de clorofila. Asimismo, para la toma de muestras de macro plancton se implementó una red tipo RMT (*Rectangular Mid-water Trawl*) perteneciente al INIDEP.

El buque zarpó de Mar del Plata, Argentina, el miércoles 2 de octubre de 2013 a las 19:00 GMT con rumbo a la estación número 1. La zarpada se postergó 30 horas con respecto al plan original debido a condiciones meteorológicas adversas. Todos los datos científicos fueron registrados en fecha y hora del meridiano central (GMT).

Actividades e instrumental utilizado

CTD y muestras de agua en estación

Se realizaron 55 estaciones oceanográficas, en 51 de las cuales también se obtuvieron muestras de agua. Las estaciones están dispuestas sobre siete secciones aproximadamente transversales a la batimetría, salvo la sección 2. Las secciones 1 (Mar del Plata) y 7 (Mostardas) fueron diseñadas para determinar las propiedades biológicas, físicas y químicas del Agua Subantártica de Plataforma (SASW) y Agua Subtropical de Plataforma (STSW), respectivamente, corriente arriba de su área de encuentro a lo largo del Frente Subtropical de Plataforma (STSF). Las secciones 3 a 6 intersectan el STSF en su recorrido desde la región costera en el litoral sur de Brasil (sección 6, Faro Vêrga) hasta la hipotética área de exportación de las aguas de plataforma (sección 3, José Ignacio). Por último, la

sección 2 (Confluencia) intersecta la Confluencia Brasil/Malvinas en 37ºS con el fin de determinar los tipos de agua de plataforma exportados al océano abierto.

Las operaciones del CTD/Roseta se llevaron a cabo en el laboratorio "Biológico". Para realizar las estaciones oceanográficas 1-51 se utilizó el guinche oceanográfico de popa el que tiene instalado un cable de 6 mm de mena con un conductor eléctrico. Debido a las condiciones meteorológicas adversas las estaciones 52-55 se realizaron sin roseta y empleando un CTD autocontenido operado desde un guinche de pequeño porte con cable de 4 mm instalado en la cubierta 00 a popa de los guinches oceanográficos.

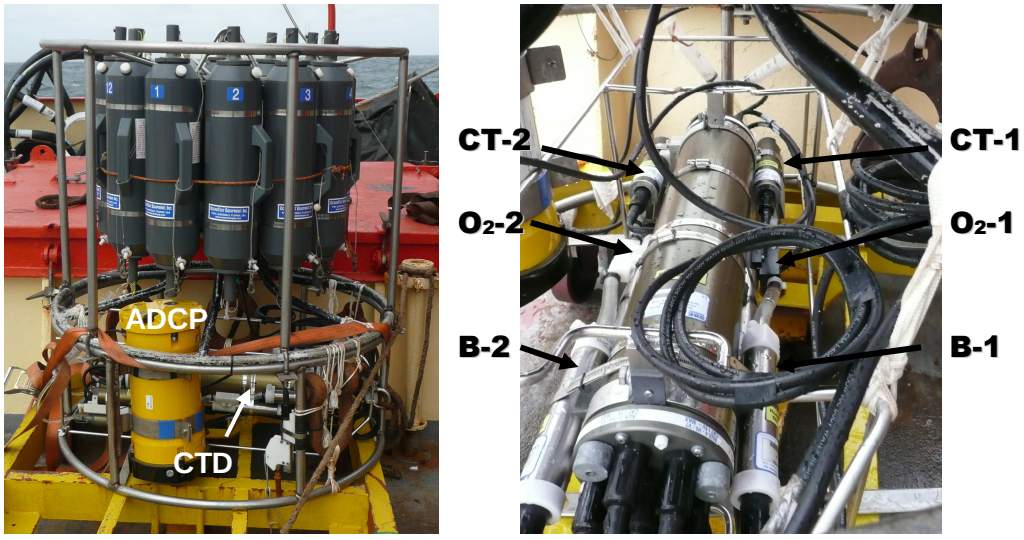

Figura 1: Unidad sumergible: Roseta, CTD y ADCP (izquierda) y detalle de la configuración de los sensores (derecha).

En las estaciones oceanográficas 1 a 51 se empleó un CTD marca Sea-Bird Electronics (SBE) modelo 911 *plus* con dos pares de sensores de temperatura y conductividad, dos sensores de oxígeno disuelto marca SBE modelo SBE 43 (ver Figura 1 y Tabla 1). El CTD también fue equipado con un fluorómetro marca SeaPoint. Los datos de CTD fueron registrados con el programa de adquisición Seasave, versión 7.20d. Para determinar la distancia del CTD al fondo se empleó un altímetro acústico de 200 KHz Benthos PSA-916 y un contactor de fondo electromecánico SBE conectado a la unidad sumergible que al activarse dispara una alarma acústica en la unidad de cubierta. La longitud del cabo del contactor fue de 5 m aproximadamente. En las estaciones 52 a 55 se empleó un CTD marca JFE Advantech modelo ASTD102 (Rinko-Profiler) perteneciente a FURG. El instrumento dispone de sensores de presión, temperatura, conductividad, oxigeno disuelto, fluorescencia y turbidez.

Para obtener muestras de agua se utilizó una roseta General Oceanics 1015 con 12 botellas tipo Niskin marca SBE de 5 litros de capacidad cada una. Las botellas fueron adaptadas en el INIDEP para poder montarse en la roseta GO. Para no modificar la longitud de las tanzas que sujetan las tapas de las botellas al mecanismo disparador de la roseta, las que están preparadas para operar en una roseta SBE, las tapas empleadas son las de botellas GO pertenecientes al INIDEP. Las muestras de agua fueron empleadas para la determinación de oxígeno disuelto, salinidad, nutrientes, alcalinidad, y clorofila en niveles seleccionados.

Los sistemas de registro de datos del termosalinógrafo y el CTD fueron configurados para tomar los datos posición, fecha y hora del GPS del buque a través de un puerto serie (vía puerto USB en el CTD) de las computadoras de control respectivas. Esta configuración permite grabar la hora GPS en los datos CTD y termosalinógrafo y elimina el error de tiempo de los datos de este último.

Tabla 1. Sensores empleados en los CTD y termosalinógrafo

Sistema	Sensor	Modelo	N° Serie
CTD SBE 911	Presión	Digiquartz	1045
	Temperatura 1	SBE 3plus	5424
	Conductividad 1	SBE 4C	3932
	Oxígeno 1	SBE 43	2139
	Fluorómetro	Seapoint SCF	2816
	Bomba1	SBE 5T	6022
	Temperatura 2	SBE 3 -02/F	4727
	Conductividad 2	SBE 4-02/O	3330
	Oxígeno 2	SBE 43	0869
	Bomba2	SBE 5T	5514
	Altímetro	Benthos PSA-916D	53326
CTD ASTD102	Todos los sensores		0199
Termosal	Temperatura	SBE3	3265
	Conductividad	SBE4	3265

El oxígeno disuelto se determinó a bordo mediante el sistema de Winkler modificado que emplea un titulador automático marca Mettler Toledo modelo DL50. La determinación de salinidad se realizó con un salinómetro marca Guildline modelo Autosal 8400B S/N 68615. El salinómetro se conectó a una PC a través de la interface diseñada y construida por el INIDEP para tal fin. La determinación de clorofila se realizará en el laboratorio en tierra. La Tabla 3 presenta la cantidad de muestras de agua obtenida por estación para cada uno de los análisis antes mencionados.

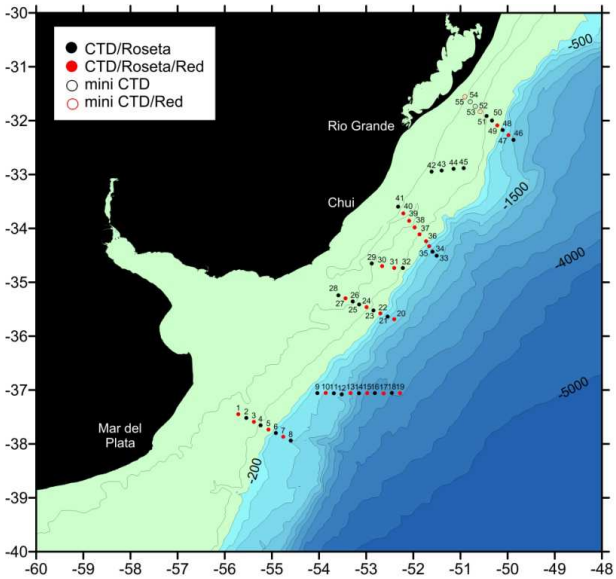

Figura 2: Posición de las estaciones oceanográficas ocupadas durante la campaña STSF.

Tabla 2: Posición de las estaciones oceanográficas.

Est	Dia (GMT)	Hora (GMT)	tipo	lat	long	Prof	Comentarios
1	3-Oct-13	10:12	2	-37.449	-55.714	83	con ASTD en CTD
2	3-Oct-13	13:24	1	-37.518	-55.543	81	con ASTD en CTD
3	3-Oct-13	15:49	2	-37.590	-55.382	83	con ASTD en red
4	3-Oct-13	18:43	1	-37.654	-55.239	106	sólo CTD/roseta
5	3-Oct-13	20:59	2	-37.735	-55.073	154	con ASTD en red
6	3-Oct-13	23:21	1	-37.797	-54.916	630	sólo CTD/roseta
7	4-Oct-13	2:18	2	-37.869	-54.760	751	con ASTD en red
8	4-Oct-13	5:04	1	-37.939	-54.600	885	sólo CTD/roseta
9	4-Oct-13	13:51	1	-37.056	-54.034	913	sólo CTD/roseta
10	4-Oct-13	16:21	2	-37.055	-53.861	1069	con red
11	4-Oct-13	19:01	1	-37.059	-53.687	1529	sólo CTD/roseta
12	4-Oct-13	21:38	1	-37.080	-53.519	1209	sólo CTD/roseta
13	4-Oct-13	23:53	2	-37.057	-53.333	2083	con red
14	5-Oct-13	2:35	1	-37.059	-53.154	2719	sólo CTD/roseta
15	5-Oct-13	4:54	2	-37.057	-52.980	3208	con red
16	5-Oct-13	7:40	1	-37.058	-52.815	3199	sólo CTD/roseta
17	5-Oct-13	9:57	2	-37.062	-52.630	3419	con red
18	5-Oct-13	12:26	1	-37.054	-52.455	3420	sólo CTD/roseta
19	5-Oct-13	14:35	2	-37.057	-52.281	3496	con red
20	6-Oct-13	3:15	2	-35.686	-52.407	1342	con red
21	6-Oct-13	6:39	1	-35.635	-52.545	1007	sólo CTD/roseta
22	6-Oct-13	9:45	2	-35.578	-52.698	293	con red
23	6-Oct-13	12:01	1	-35.521	-52.844	140	sólo CTD/roseta
24	6-Oct-13	13:52	2	-35.463	-52.991	100	con red
25	6-Oct-13	15:42	1	-35.412	-53.150	74	sólo CTD/roseta
26	6-Oct-13	17:14	1	-35.356	-53.286	65	sólo CTD/roseta
27	6-Oct-13	18:44	2	-35.297	-53.439	49	con red
28	6-Oct-13	20:45	1	-35.242	-53.590	41	sólo CTD/roseta
29	7-Oct-13	2:48	1	-34.651	-52.882	39	sólo CTD/roseta
30	7-Oct-13	5:10	2	-34.700	-52.664	64	con red
31	7-Oct-13	8:17	2	-34.735	-52.405	99	con red
32	7-Oct-13	10:27	1	-34.735	-52.224	135	sólo CTD/roseta
33	7-Oct-13	16:03	1	-34.506	-51.506	1355	sólo CTD/roseta
34	7-Oct-13	18:40	1	-34.432	-51.592	1019	sólo CTD/roseta
35	7-Oct-13	21:16	2	-34.331	-51.661	543	con red
36	7-Oct-13	23:24	2	-34.238	-51.731	150	con red
37	8-Oct-13	1:39	2	-34.110	-51.869	105	con red
38	8-Oct-13	3:56	2	-33.982	-51.972	64	con red
39	8-Oct-13	6:08	2	-33.859	-52.088	44	con red
40	8-Oct-13	8:29	2	-33.723	-52.213	64	con red
41	8-Oct-13	10:37	1	-33.596	-52.324	39	sólo CTD/roseta
42	8-Oct-13	17:31	1	-32.947	-51.612	56	sólo CTD/roseta
43	8-Oct-13	20:22	1	-32.926	-51.400	61	sólo CTD/roseta

44	8-Oct-13	22:45	1	-32.894	-51.144	63	sólo CTD/roseta
45	9-Oct-13	0:45	1	-32.884	-50.932	71	sólo CTD/roseta
46	9-Oct-13	10:33	1	-32.358	-49.875	1461	sólo CTD/roseta
47	9-Oct-13	14:23	2	-32.269	-49.982	1168	con red
48	9-Oct-13	17:11	1	-32.173	-50.105	450	sólo CTD/roseta
49	9-Oct-13	19:04	2	-32.088	-50.219	147	con red
50	9-Oct-13	20:50	1	-31.998	-50.331	121	sólo CTD/roseta
51	9-Oct-13	22:50	1	-31.914	-50.447	105	sólo CTD/roseta
52	10-Oct-13	0:31	4	-31.832	-50.582	94	mini CTD con red
53	10-Oct-13	2:46	3	-31.736	-50.685	79	mini CTD
54	10-Oct-13	4:48	3	-31.648	-50.794	62	mini CTD
55	10-Oct-13	6:15	4	-31.558	-50.905	45	mini CTD con red

1: CTD SBE911plus, 2: CTD SBE911plus+RMT, 3: CTD ASTD102, 4: CTD ASTD102+ red RTM

Datos adquiridos en navegación

En navegación se midió la profundidad con el sistema batimétrico del buque de 200Khz y de 12 KHz. Ambos equipos se operaron simultáneamente, en aguas profundas el primero de ellos será empleado para analizar la detección de plancton. Se operó un termosalinógrafo marca SBE modelo 21 que registró la temperatura y salinidad a 3 m de profundidad cada 30 segundos. Para calibrar la salinidad se obtuvieron 22 muestras de agua, de las cuales 18 fueron procesadas a bordo con el salinómetro Guildline. Las 4 muestras adicionales serán determinadas en el INIDEP. La adquisición de datos del termosalinógrafo se realizó con el programa Seasave versión 7.20g, registrándose archivos diarios.

Los datos de temperatura y salinidad del termosalinógrafo fueron contrastados con los del CTD durante las estaciones conduciendo a un error medio del orden de +0.56ºC y -0.06, respectivamente, si consideramos todas las estaciones. Esta comparación se realizó con los sensores primarios del CTD. El buque dispone de una central meteorológica automática marca Airmar modelo PB150 que permite registrar datos de dirección e intensidad del viento, presión atmosférica, temperatura del aire y temperatura de bulbo húmeda a intervalos de 1 s aproximadamente. Este no es un sistema adecuado para un buque oceanográfico y debería ser reemplazado por una central automática de más alta performance. Por otro lado, no fue posible registrar los datos debido a un error de comunicación entre la computadora y la central.

Mediciones en continuo de fluorescencia superficial (C.F. Balestrini)

A partir del 6 de octubre, en coincidencia con la estación 28, se puso en servicio un fluorómetro de flujo continuo Turner Designs modelo 10, cuya salida fue conectada a un registrador gráfico Linseis modelo L6514. El flujo de agua de mar se obtuvo del circuito del buque, cuya toma se encuentra en el casco, a 3 metros de profundidad. El registro de fluorescencia obtenido, utilizando será contrastado con la clorofila-a determinada durante la campaña.

Figura 3: Vista del sistema de medición de fluorescencia

Tabla 3: Cantidad de muestras de agua obtenidas durante las estaciones oceanográficas, incluyendo las muestras de superficie obtenidas con balde.

Esta.	Salin.	O_2	Nutr.	C Totl/ Alcalin.	Clfila	Fitopl
1	4	4	4	3	3	5
2	3	3	3	2	-	-
3	5	5	5	3	3	5
4	4	4	4	3	-	-
5	5	5	5	3	3	5
6	7	7	7	3	-	-
7	8	8	8	3	3	5
8	10	11	11	3	-	-
9	2	12	12	3	-	-
10	2	7	7	3	3	5
11	5	7	7	3	-	-
12	6	6	7	3	-	-
13	5	5	6	3	3	5
14	6	6	6	3	-	-
15	8	9	8	3	3	5
16	7	7	7	3	-	-
17	7	7	7	3	3	5
18	7	9	9	3	-	-
19	6	6	6	3	-	-
20	8	8	8	3	3	5
21	7	7	7	3	-	-
22	4	5	5	3	3	5
23	5	5	5	3	-	-
24	4	4	4	3	3	5
25	4	3	4	2	-	-
26	3	3	3	2	-	-
27	3	3	3	2	3	4
28	3	3	3	3	-	-
29	3	3	3	2	-	-
30	4	3	4	2	-	-
31	4	4	4	3	-	-
32	4	4	4	3	-	-
33	8	8	8	3	-	-
34	8	8	8	3	-	-
35	8	8	8	3	3	5
36	5	5	-	3	-	5
37	4	4	2	2	3	4
38	3	3	3	2	-	3
39	3	3	3	2	3	3
40	3	3	2	2	-	3
41	3	3	2	2	-	-
42	3	3	3	2	-	-
43	3	3	3	2	-	-
44	3	3	3	2	-	-

45	3	3	3	2	-	-
46	7	7	3	3	-	-
47	10	10	-	3	3	5
48	6	6	1	2	-	-
49	4	4	2	2	3	4
50	3	3	-	2	-	-
51	3	3	2	2	-	-
52	-	-	-	-	-	1
53	1	-	-	-	-	1
54	1	-	-	-	-	1
55	1	-	-	1	1	1
Total	**256**	**273**	**242**	**135**	**52**	**95**

Guinches oceanográficos
El guinche oceanográfico de popa requiere la urgente calibración del sistema de adujado automático. La falta de calibración impide el ascenso del CTD a una velocidad sostenida, extiende significativamente el tiempo de estación, requiere un esfuerzo considerable por parte del personal de cubierta y afecta la operación normal del CTD. La falta de sincronismo en el sistema adujador produce también daños en el cable oceanográfico. Durante la campaña sólo se empleó el guinche oceanográfico de proa para arriar e izar el u-ADCP. Uno de estos guinches debería alojar un cable oceanográfico de 8 mm con conductor eléctrico, para permitir la operación de una roseta de 24 botellas, la que es indispensable cuando se ocupan estaciones a gran profundidad.

Se utilizaron una heladera (~4°C) y un freezer (~ -20°C) que funcionaron correctamente.

Salinidad (A.P. Osiroff y S.R. Romero)
Con el fin de testear el comportamiento de los sensores primario y secundario de conductividad montados en el CTD del SHN (SeaBird 911 Plus), se determinó la salinidad de 256 muestras de agua con el salinómetro Autosal GuildLine 8400B S/N 68615 del SHN, para todas las muestras tomadas entre las estaciones 1 a 51. Las muestras fueron medidas en 4 corridas empleando 8 estándares de agua de mar normal IAPSO/OSIL todas de la misma partida P146 de fecha 12 de Mayo de 2005.

Tabla 4: Muestras para calibración del CTD SeaBird 911 Plus

Corrida	Muestras	Estaciones
1	109	1 a 19
2	65	20 a 33
3	49 *	33 a 45
4	33	46 a 51

* muestras, 24 con software AUTOSAL y 25 con planilla

Además se midieron las salinidades de 3 muestras de superficie (balde) correspondientes a las estaciones 53 a 55 en las que el CTD utilizado fue un Rinko Profiler modelo ASTD 102. La estación 52 realizada con este instrumento no posee muestra de salinidad. Para testear el comportamiento del sensor de conductividad del termosalinógrafo se utilizaron 18 muestras.

El instrumento se comportó dentro de las especificaciones de fábrica. La estandarización fue realizada al principio de la primer corrida, luego se repitió con un pequeño ajuste en la última corrida (se llevó la perilla de STANDARDIZE de 525 a 530, el STBY pasó de 24+5308 a 24+5316). Se obtuvo adecuada repetividad. La temperatura del laboratorio se mantuvo entre 1 y 3ºC por debajo de la del baño del equipo (24ºC). Cabe destacar que el AUTOSAL requiere de extrema estabilidad térmica en el laboratorio, la que no puede lograrse en las condiciones actuales del laboratorio húmedo que cuenta con salida al exterior y paso obligado de muchas personas. Al inicio de la campaña (2 de octubre) el Autosal 8400B presentó señales de mal funcionamiento en el sistema de enfriamiento. Ambas lámparas funcionaron correctamente desde el inicio, sin embargo, luego de los testeos de manual, el sensor 1 no funcionó correctamente. El instrumento se utilizó siempre seleccionando el sensor 2. Se sugiere una revisión técnica general lo antes posible para que esté listo y funcionando para la próxima campaña.

El instrumento se conectó a una PC a través de una interface. Se utilizó el software AUTOSAL y la interface para la primera corrida y para las primeras 89 muestras (hasta la estación 37) de la tercera corrida. El resto de las muestras correspondientes a la corrida 3 y 4 fueron realizadas sin software y las salinidades y desvíos fueron calculados mediante planilla Excel. El problema que se presentó fue de comunicación entre el AUTOSAL y el sistema interface-PC. Se sugiere chequear este problema para la próxima campaña. Cabe destacar que los problemas de tensión fueron permanentes en el laboratorio húmedo lo que obligó a colocar una UPS. Se sugiere que este laboratorio cuente con corriente estabilizada permanente.

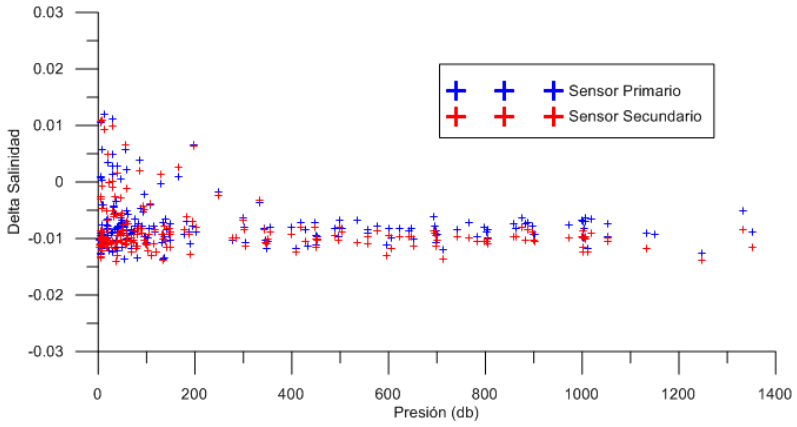

Figura 4: Diferencias de salinidad (DeltaS= Sal.CDT - Sal.Roseta) para los sensores primario y secundario del CTD 911 Plus. Se excluyeron aquellas muestras cuyo desvío estándar estaba fuera del rango de 2 sigma (±0.014 para ambos sensores).

Los desvíos de salinidad para los sensores primario y secundario de conductividad del CTD 911 fueron analizados a lo largo de las 51 estaciones en las que se utilizó este instrumento. Las diferencias de salinidad promedio (ΔS= Sal. CDT - Sal. Roseta) y su correspondiente desvío estándar, se resumen en la Tabla 5. La Figura 4 muestra los ΔS para el subconjunto de muestras de profundidades mayores a 300 dbar. Comparando ambas figuras, se observa que los mayores ΔS correspondieron a muestras de profundidades menores a 300 dbar por la variabilidad propia de la zona de estudio. En las estaciones en las que hubo incertezas en el cierre de las botellas Niskin las mediciones de

salinidad del AUTOSAL permitieron resolver errores de disparo de la roseta y registro de las botellas.

Tabla 5: Valores medios, desvíos Standard y número de muestras (N) de las diferencias entre la salinidad del CTD menos la salinidad del Autosal (roseta). Los valores se presentan para la totalidad de las muestras válidas y para un subconjunto (p > 300 dbar) donde la estabilidad de la columna de agua hace que los desvíos sean menores.

	0 < p < 1400 dbar		**N**	**P > 300 dbar**		**N**
sensores	ΔS	DS		ΔS	DS	
primario	-0.0088	0.0044	203	-0.0086	0.0017	73
secundario	-0.0108	0.0045	199	-0.0100	0.0016	71

Alcalinidad-Carbono Total (A.A. Bianchi y C.F. Balestrini)

El sistema utilizado consiste en un equipo integrado, desarrollado y construido en el LBCM de la Universidad de Paris, que permite la medición semi-continua de la alcalinidad total (AT) y del carbono inorgánico disuelto (DIC) en el agua de mar, a partir de un método potenciométrico. El DIC representa el contenido de Carbono total (CT) localizado en la capa superficial, que se encuentra sometido a intercambios con la atmósfera a través de la superficie ventilada del mar, y que está conformado por iones bicarbonato (HCO_3^-) y carbonato (CO_3^{2-}), y CO_2 disuelto en el agua. A partir de las mediciones de salinidad (obtenida de CTD calibrados), la AT y el CT, puede calcularse el CO_2. Este sistema permite la medición de las variables en forma semi-continua o en forma discreta. Dado la proximidad entre las estaciones oceanográficas de la campaña STSF, se utilizó de manera discreta tomando muestras de la columna de agua, eligiendo aproximadamente 3 muestras por estación relacionadas con el perfil de salinidad, ya que esta variable tiene una relación lineal con AT. El equipo consiste en una celda de titulación termoestabilizada y robotizada, en la que luego de completarse su volumen con 120 ml de agua de mar termoestabilizada, el dispositivo, gobernado por un sistema informático y una interface multifunción especialmente diseñados, inicia la inyección de aproximadamente 5 ml de solución ácida compuesta por ácido clorhídrico (HCl) 0.1 N con 35 g/l de cloruro de sodio (NaCl), mediante 31 impulsos de 0.15625 ml de dicha solución, entregados por una microbureta automática. Durante el desarrollo de la titulación, el instrumento mide la diferencia de potencial de la solución contenida en la celda después de cada agregado de ácido, utilizando para ello un electrodo Calomel combinado (Ag-AgCl pHG201-7) y un electrodo de referencia (REF 201). Se genera una curva de potencial vs. volumen de la que, a partir del análisis de los puntos de equivalencia, se obtienen los valores de AT y CT por el método de Gran (Gran, 1952).

Figura 5: Sistema de Alcalinidad /Carbono Total instalado en el laboratorio húmedo.

Aproximadamente cada 24 horas o cada vez que debe reponerse la solución ácida utilizada durante la titulación, se interrumpe la operación del sistema, y se procede a la medición de

muestras patrones, conocidas como estándares de Dickson, producidas en el laboratorio de Física Marina del Scripps Institution of Oceanography, en San Diego, Estados Unidos. Este procedimiento es fundamental para el ajuste posterior de las mediciones, durante el post-procesamiento de los datos. Se tomaron un total de 135 muestras y, de acuerdo a análisis preliminares la totalidad de las mismas arrojaron mediciones válidas.

Fracciones del fitoplancton (N. Espinosa y J. Rabellino)
El plan de trabajo se dividió en dos etapas, en la primera se realizó la toma y fijación de las muestras a bordo del buque, mientras que la etapa de análisis de las mismas se llevará a cabo en la Universidad de la República (UY) una vez finalizada la campaña. En las estaciones estipuladas en el plan de campaña (estaciones con red MRT), se tomaron muestras para analizar las distintas fracciones de fitoplancton a partir de las botellas Niskin utilizadas. La elección de las profundidades a las cuales se tomaron las muestras, se realizó de acuerdo a la estructura de la columna de agua a profundidades que contemplen la totalidad de la zona fótica. Una vez que la muestra estuvo en cubierta se tomó: una alicuota de 250 ml fijada con lugol (2%) para identificación, una alícuota de 45 ml fijada con lugol (2%) para ser analizada con un contador de partículas y una alicuota de 10 ml la cual se trató con 500µl de PFA-GLU 1%-0.05% (concentración final) por 10 min tomándose luego cinco réplicas de 2 µl cada muestra, almacenadas a -20 °C. Esta última para analizar las fracciones de nano y pico plancton por citometría de flujo (Equipo A50-Micro Flow Cytometer-Apogee).

Filtrado para determinación de clorofila
El plan de trabajo se dividió en dos etapas, en una primera etapa se realizó la toma y almacenamiento de las muestras a bordo del buque, mientras que la etapa de análisis de las mismas se llevará en el INIDEP (AR). En las estaciones en las cuales se tomaron muestras biológicas, se colectó agua posteriormente filtrada (entre 300-1000 ml) por filtros GF-F (tamaño de poro 0.7 µm). Las muestras fueron almacenadas en nitrógeno líquido a bordo para ser analizadas posteriormente.

Calibración del CTD SBE 911 plus (M. Charo)
Pares de sensores de temperatura y conductividad

Los datos de los dos pares de sensores de temperatura y conductividad del CTD 911 plus registraron en general diferencias menores, que pueden adjudicarse, parcialmente al tiempo transcurrido desde las últimas calibraciones de los sensores, realizadas en 2011 para los sensores primarios y en 2007 para los secundarios. Las diferencias tienden a ser mayores en los primeros 1000 decibares de la columna de agua y decrecen a profundidades mayores (Figura 6 y Tabla 6).

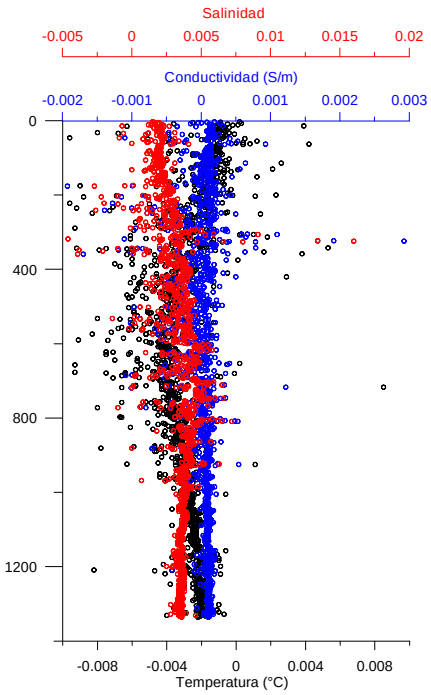

Figura 6: Perfiles verticales de la diferencia de temperatura (negro) y conductividad (rojo) registrados por los pares de sensores T-C durante el descenso de la estación 6. Las diferencias se calcularon como T y C de los sensores primarios menos los secundarios.

Tabla 6: Valores medios y desvíos estándar de las diferencias entre par de sensores primarios y secundarios de T y C durante el descenso de la estación 20. La tercera y cuarta columna (p) indican los valores correspondientes a presiones mayores que 1000 decibares.

	Media	Desv. Est.	Mediap *	Desv. Est.p *
Temperatura (ºC)	-0.0030	0.0018	0.0023	0.0006
Conductividad (S/m)	$2.5x10^{-5}$	0.0002	$9.7x10^{-5}$	$4.9x10^{-5}$

* Sólo datos a presiones mayores que 1000 decibares.

Se realizaron 5 perfiles con el CTD autocontenido ASTD102 2 de estos instalando el equipo en la jaula del CTD SBE 911 (estaciones x, y, z) y 3 en la barra superior de la red RMT (ver Figura 12). En tierra el STD102 será calibrado empleando los datos simultáneos del SBE911 plus. En las estaciones 52 y 53 se lanzaron probetas de XBT Deep-Blue.

Oxígeno disuelto (M. Charo y D.A. Molina)
Durante toda la campaña el sensor de O_2 primario presentó una buena performance, mientras que la señal del secundario fue muy ruidosa, posiblemente debido a que su última calibración en fábrica fue en noviembre de 2009. Los datos de oxígeno disuelto de los sensores del CTD fueron contrastados con las determinaciones de la concentración obtenida mediante el análisis de las muestras de agua. Las determinaciones del O_2 de las muestras de agua de la estaciones 48 a 51 no fueron incluidas en el análisis porque no ajustaron en forma consistente con las anteriores. El valor medio de los residuos de O_2 utilizando 221 muestras para el sensor primario es 0.003 ± 0.072 ml/l y 205 muestras para el sensor secundario 0.004 ± 0.11 ml/l. La calibración preliminar de O_2 consiste en la determinación de la relación lineal entre el voltaje de O_2 de las muestras de agua y la concentración de O_2.

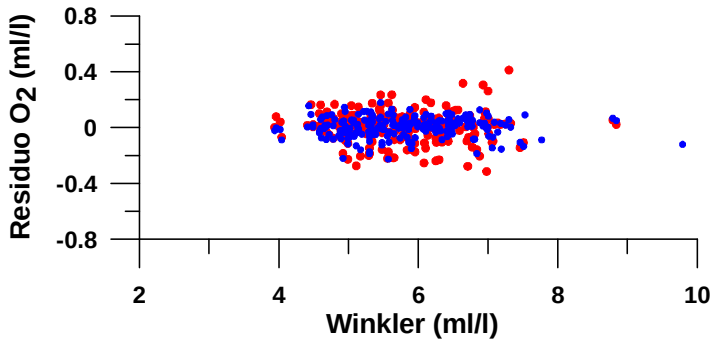

Figura 7: Distribución de los residuos de O_2 en función de la concentración de O_2. Los puntos azules corresponden a los residuos calculados para el sensor primario y los rojos al sensor secundario.

L-ADCP (D. Valla y H. Fenco)
En todas las estaciones se utilizó un correntómetro acústico doppler (ADCP) marca RDI/Teledyne modelo Workhorse 300 de 300 kHz S/N 14132 instalado en la jaula del CTD (Figura 1 y 8). El compás y los inclinómetros del ADCP fueron calibrados en tierra antes de zarpar colocando el equipo a la pendura empleando una grúa de la Base Naval Mar del Plata. Los mismos parámetros serán calibrados en tierra al finalizar la navegación siguiendo las recomendaciones del fabricante. El equipo fue utilizado en modo de perfilamiento vertical (*Lowered*-ADCP). Al finalizar cada estación los datos del ADCP fueron visualizados empleando el software WinADCP provisto por el fabricante. El

análisis preliminar indica que el equipo funcionó correctamente. El ADCP brinda información de la orientación de la unidad sumergible con respecto al norte magnético (*heading*) y al plano horizontal (*pitch* y *roll*). Estos datos permiten analizar la rotación e inclinación de la unidad sumergible durante las estaciones. Los datos analizados durante la estación número 19 indican que la unidad sumergible presenta escasa rotación, no alcanzando a describir una vuelta completa durante perfiles del orden de los 1000 m de profundidad. Esta observación concuerda con los *tests* realizados a varios miles de metros de profundidad durante campañas anteriores, en los que en algunos pocos casos el CTD describió 2 o 3 vueltas completas.

En la configuración estándar, el equipo desciende junto al CTD adquiriendo un perfil o "ensamble" por segundo, cuyo rango de alcance en profundidad es de 160 m. El ensamble es un conjunto de 20 celdas o "bins" de 8 metros de espesor en las cuales el instrumento integra verticalmente las velocidades observadas y registra una velocidad media para cada celda. Esta configuración se utilizó para la mayoría de las estaciones. Para explorar las capacidades del equipo, en 4 estaciones poco profundas (<200m) se modificó dicha configuración para obtener una mayor resolución vertical. Se encontró que una configuración de 20 *bins* de 4m de espesor (es decir, el rango de cada ensamble es de 80m) produce un perfil de resolución aceptable para aguas someras (<200m).

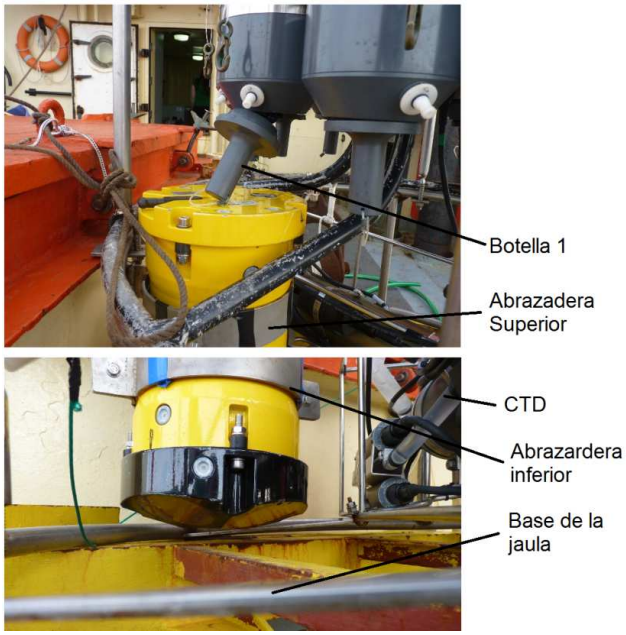

Figura 8: ADCP instalado en la jaula de la roseta luego de la estación 45.

Al inicio de la campaña se instalo un pack de baterías nuevo en el instrumento, el cual está conformado por 28 pilas tipo "D" que generan un voltaje de 42 V. Entre las estaciones 45 y 46 se abrió el equipo y se midió un voltaje de 39.7 V en el pack de baterías. Considerando un consumo lineal y que entre las estaciones 1 y 45 el instrumento operó durante 29.75 hs, la eficacia del pack de baterías en la configuración estándar es de 0.077 V/hora. En tierra, después de recalibrar los sensores se determinará nuevamente el voltaje del pack de baterías.

Para que el ADCP descienda solidario al CTD, el mismo se fija a dos abrazaderas soldadas a la jaula de la roseta (Figura 8). Debido a sus dimensiones, no hay demasiado margen para que, por un lado, los transductores ubicados en la porción inferior del instrumento no sobresalgan por debajo de la base de la jaula del CTD y, por otro, la base del ADCP (porción superior) no interfiera con el cierre de las botellas Niskin. Después de la estación 45 se reinstaló el equipo, con la porción superior demasiado alta, obstruyendo parcialmente el cierre de la botella #1 (Figura 8).

El post - procesamiento de los perfiles de LADCP se realizó con rutinas de MATLAB desarrolladas por M. Visbeck, versión 10.8. Utilizando dichos perfiles, se realizaron

transectas de las componentes U (Este-Oeste) y V (Norte-Sur) para cada pierna ocupada durante la campaña. La Figura 9 muestra las transectas para la pierna 2 “Confluencia”.

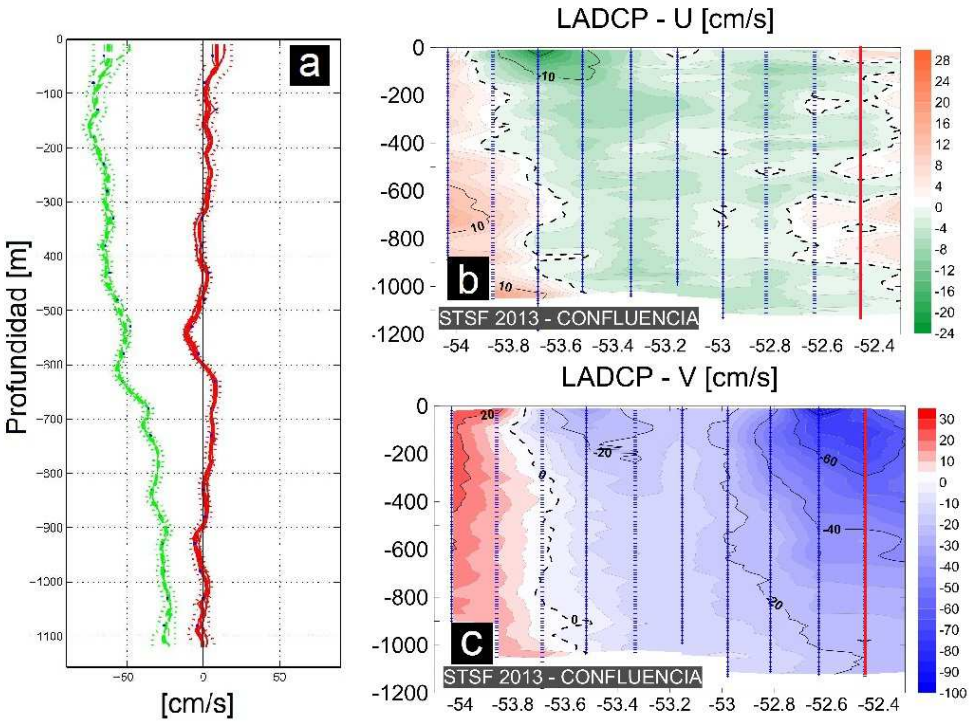

Figura 9: (a) Perfil de velocidades correspondiente a la estación 18. La curva verde (roja) corresponde a la componente v (u) de la velocidad horizontal. **(b)**. Transecta zonal de la componente u (E-W) de la velocidad horizontal de la sección 2 (Confluencia). **(c)** Transecta zonal de la componente v de la velocidad horizontal. La línea roja en c indica la posición de la estación 18.

U-ADCP en navegación (O.O. Möller y M. Andrade)

Para evaluar la estructura vertical del campo de velocidad se empleó un correntómetro acústico *doppler* remolcado (U-ADCP) de 500 KHz marca SONTEK con capacidad de detección y seguimiento del fondo (ADP-BT) perteneciente a FURG. La profundidad máxima de operación de un equipo de estas características es aproximadamente 110 m. El equipo fue instalado en una aleta marca BioSonics provista por el INIDEP (ver Figura 10).

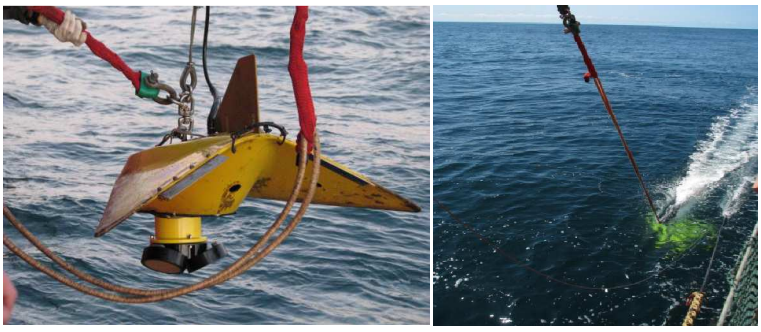

Figura 10: El U-ADCP siendo desplegado instalado (izquierda) y siendo remolcado (derecha).

El equipo fue configurado para medir la velocidad en intervalos verticales de 4 m de espesor, registrados a intervalos temporales de 1s y ensambles de 1 minuto. El equipo también fue operado sin detección de fondo empleando el sistema de GPS diferencial disponible en el buque (DGPS). Sin embargo en esta configuración los datos de velocidad no fueron útiles debido a la magnitud de los errores de posicionamiento. Posiblemente

esto se debe a que las variaciones de posición de la aleta remolcada difieren significativamente de las del buque, afectando la calidad de los datos de posición y velocidad de la misma y por ende de las velocidades de corriente estimadas. El equipo fue desplegado a velocidades entre 2 y 3 nudos. Los datos comenzaron a registrarse a partir del momento en que el rolido y cabeceo del instrumento no excedieran los 5°. Por razones de seguridad y para evitar un rozamiento excesivo sobre los cables de remolque durante la operación se limitó la velocidad del buque a 7-8 nudos.

La velocidad de corriente fue observada en las secciones 1, 4, 5 y 6. Las malas condiciones meteorológicas impidieron la operación en la sección 7. La Figura 11 presenta la componente meridional y zonal de la velocidad de la corriente correspondiente a un tramo de la sección 6 (Faro Vêrga). Estas son las primeras observaciones de velocidad realizadas en esta área. Por ejemplo, entre las estaciones 43 y 44 el U-ADCP muestra un flujo hacia el S en la capa superficial y de fondo, separadas por un flujo hacia el N centrado en ~ 30 m de profundidad. En la componente zonal al E de la estación 43 se observa una región de dos capas con flujo offshore en la capa superior y *onshore* en la capa profunda.

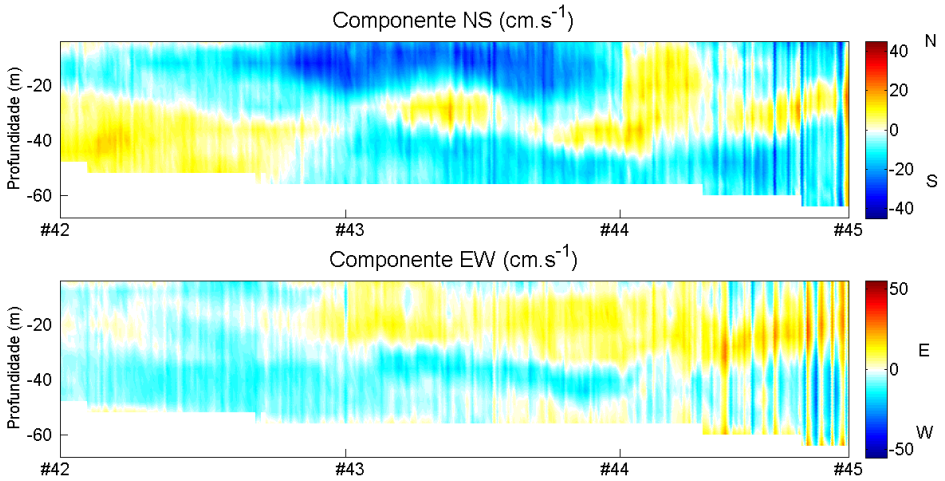

Figura 11: Componente meridional (panel superior) y zonal (panel inferior) de la velocidad sobre la sección 6. Los valores positivos representan flujo hacia el N y hacia el E.

Muestras biológicas con red RMT (E.M. Acha, M. Ehrlich y G. Genzano)

La red RMT (*rectangular midwater trawl*) es un muestreador diseñado para capturar la fracción mayor del plancton y el micronecton (por ejemplo peces y cefalópodos juveniles, crustáceos pelágicos de tallas mayores como el *krill*, etc.). La red se operó en 25 estaciones siguiendo el plan de campaña, realizando arrastres oblicuos en los que se integra la columna de agua a partir de una profundidad elegida. La profundidad de la red fue estimada a partir de la longitud del cable filado y de su ángulo con la vertical. En las primeras 3 estaciones se adosó a la red un pequeño CTD autocontenido con el propósito de validar las profundidades estimadas. El rango de profundidades muestreadas fue 30-250 m. La red empleada posee una apertura de malla de 1 mm, y estuvo equipada con un flujómetro digital a los efectos de estimar el volumen de agua filtrado en cada lance. En base a este

Figura 12: Despliegue de la red RTM con CTD instalado en la barra superior.

dato se calcula con posterioridad la densidad por unidad de volumen de los organismos capturados. Todas las muestras fueron fijadas inmediatamente para su posterior análisis en laboratorio; se empleó para ello formol diluido al 5% en agua de mar neutralizado con bórax. La red fue operada empleando el guinche de pesca y el arco rebatible de la popa. La toma de muestras se efectuó durante las 24 hs, esta modalidad puede haber incluido un sesgo en la proporción de organismos de profundidad que ascienden hacia las capas superiores del océano durante la noche, volviéndose durante tales momentos vulnerables a la red (por ejemplo algunos peces y crustáceos).

Referencias

Carpenter, J.H., 1965, The accuracy of the Winkler method for dissolved oxygen analysis, *Limnology and Oceanography*, 10, 135-140.

Gran, G., 1952, Determination of the equivalence point in potentiometric titrations, Part II, *The analyst*, 77, 661-671.

Piola, A.R., 2010a, Campaña Oceanográfica ARA Puerto Deseado 201102 “SAM03”, 5 al 16 de julio de 2010.

Piola, A.R., 2010b, Campaña Oceanográfica ARA Puerto Deseado 201008 “SAM04”, 20 al 29 de diciembre de 2010.

Agradecimientos:

Los científicos embarcados agradecen al Comandante, Plana Mayor y Tripulación del ARA Puerto Deseado por la asistencia recibida durante la navegación. Esta campaña fue parcialmente financiada por el Servicio de Hidrografía Naval, el INIDEP, el CONICET y el subsidio SGP2076 del Instituto Inter-Americano para la Investigación del Cambio Global (IAI), que es financiado por la *US National Science Foundation* (grant GEO0452325).

Participantes campaña oceanográfica Puerto Deseado 2013-04/STSF2013.

Científicos y Técnicos

Nombre	Apellido	Institución/País	Tarea
Marcelo	Acha	INIDEP/CONICET	Macro plancton
Mauro	Andrade	FURG/BR	U-ADCP / CTD
Carlos	Balestrini	SHN	Alcalinidad / C total
Alejandro	Bianchi	SHN/UBA	Alcalinidad / C total
Marcela	Charo	SHN	CTD
Alvaro	Cubiella	INIDEP	CTD
Martín	Ehrlich	INIDEP/UBA	Macro plancton
María Noé	Espinosa	UdelaR/UY	Pico plancton / Clorofila
Harold	Fenco	INIDEP	L-ADCP / CTD
Gabriel	Genzano	UNMP/CONICET	Macro plancton
Eduardo	Gilioli	SHN	O_2 / Nutrientes
Raúl	Guerrero	INIDEP/UNMP	CTD / Termosalinógrafo
Fabricio	Idoeta	SHN	O_2 / Nutrientes
Carolina	Kahl	SHN/UBA/CONICET	Alcalinidad / C total
Caue	Lazeano	FURG/BR	U-ADCP / CTD
Matías	Lugo	SHN	O_2 / Nutrientes
Gabriel	Mazza	SHN	O_2 / Nutrientes
Daniel	Molina	SHN	O_2 / Nutrientes
Osmar	Moller	FURG/BR	CTD / U-ADCP
Priscila	Orozco	FURG/BR	CTD
Ana Paula	Osiroff	SHN	Salinidad
Alberto	Piola	SHN/UBA/CONICET	Jefe Científico
Javier	Rabellino	UdelaR/UY	Pico plancton/Clorofila/CTD
Silvia	Romero	SHN/UBA	Salinidad
Néstor	Taborda	SHN	CTD / Termosalinógrafo
Cristian	Tolaba	SHN	CTD
Daniel	Valla	SHN/UBA/CONICET	L-ADCP/CTD

CONICET: Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina
FURG: Universidade Federal do Rio Grande, Brasil
INIDEP: Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, Mar del Plata, Argentina
SHN: Servicio de Hidrografía Naval, Buenos Aires, Argentina
UBA: Universidad de Buenos Aires, Argentina
UNMP: Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina.
UdelaR: Universidad de la República, Uruguay

Comandante: CC Juan I. Squillacci

Tripulación – Oceanografía

Apellido	Nombre	Grado	Cargo
Cavallo	Emiliano	TN	Jefe de Operaciones
Alconero	Luis	TC	Jefe Gabinete
Mitre	Bartolomé	TF	Jefe de Electrónica
Cusi	Martín	SSSHOC	Encargado Operaciones
Pardiñas	Javier	SSSHOC	Maniobras Oceanográficas
Acevedo	Daniel	CISHOC	Maniobras Oceanográficas
Zelarrayán	Manuel	CISHOC	Maniobras cubierta
Sierra	Gabriel	CISHOC	Maniobras cubierta
Tejerina	Ariel	CSSHOC	Maniobras cubierta

Observador, Brasil: TN Guilherme Nascimento, DHN