

Informe Técnico CICESE

Serie Embarcaciones Oceanográficas



Instalación de un muestreador continuo de zooplancton superficial a bordo del B/O Francisco de Ulloa

Ocean. Daniel H. Loya Salinas
(loyasa@cicese.mx)



*Centro de Investigación Científica y de Educación
Superior de Ensenada, B.C., División de Oceanología,
Departamento de Embarcaciones Oceanográficas*

Derechos Reservados © CICESE 2011

1.- Resumen

Se presenta una reseña de la instalación de un sistema para realizar el muestreo continuo de zooplancton superficial a bordo del B/O Francisco de Ulloa en 1999, para ser usado en el estudio de la distribución superficial de huevos de peces en regiones costeras y mar abierto. Este sistema se compone de una bomba de succión, un concentrador de zooplancton y un colector secuencial de muestras. Se describe la instalación con bomba externa al casco y las modificaciones para instalación de la bomba al interior del casco debido a problemas de navegación.

2.- Agradecimientos.

Al Dr. David Checkley (SCRIPPS Institution of Oceanography) por su esfuerzo para la instalación del sistema en el B/O Francisco de Ulloa en Ensenada durante marzo de 1999 y al Biólogo Pesquero David Griffith (Southwest Fisheries Science Center) por las sugerencias para la instalación de la bomba de succión dentro del casco del barco.

Al Dr. Timothy Baumgartner, Investigador Líder del Programa IMECOCAL en 1999, por su respaldo durante la instalación de CUFES en el B/O Francisco de Ulloa, al M.C. José María Robles (Jefe del Departamento de Embarcaciones Oceanográficas en 1999) por su apoyo para la instalación del sistema CUFES, y al personal del B/O Francisco de Ulloa, especialmente al Ing. José Contreras (jefe de máquinas) y al Sr. Román Herrera (primer motorista), por su ayuda para modificar la instalación del sistema.

3.- Tabla de contenido.

Sección	Pág.
1.- Resumen	02
2.- Agradecimientos	02
3.- Tabla de Contenido	02
4.- Introducción	03
4.1.- El estudio del plancton marino	03
4.2.- El programa IMECOCAL	03
4.3.- El sistema CUFES	04
5.- Instalación de CUFES	05
5.1.- Instalación con bomba externa	06
5.2.- Instalación con bomba interna	07
6.- Discusión	07
7.- Literatura citada	08
8.- Fotos	10

4.- Introducción

4.1.- El estudio del plancton marino.

El plancton marino está formado por organismos (en su gran mayoría de tamaño microscópico) que son transportados pasivamente por las corrientes en el mar. Se les denomina fitoplancton a las plantas (diatomeas, dinoflagelados, etc.) y zooplancton a los animales (copépodos, eufáusidos, salpas, medusas, larvas de invertebrados, larvas de peces, etc.) (Lally y Parsons, 1997).

El plancton marino es estudiado mundialmente para comprender sus variaciones en espacio y tiempo, pero el muestreo discreto a gran escala con barcos especializados para investigación implica costos de operación muy altos. Una opción son los “barcos de oportunidad”, es decir, aprovechar los viajes de barcos de carga y equiparlos para realizar muestreo continuo con dispositivos como el CPR (Continuos Plankton Recorder), usado en el Atlántico Norte desde 1932 para estudiar las variaciones temporales de comunidades planctónicas superficiales (Eurgain *et al.*, 2002).

Otra opción para estudiar el plancton ha sido el muestreo continuo con bombas de succión, que ha sido aplicada a la Ecología Marina bajo condiciones muy diversas, por ejemplo:

- O’Connell y Leong (1963), usaban un equipo rústico de succión para el estudio del zooplancton.
- Herman *et al.* (1984), utilizaron bombas para caracterizar la distribución de copepodos y de la clorofila en las capas superficiales del océano.
- Omori y Jo (1989), usaron las bombas sumergibles para estudiar la variabilidad vertical a pequeña escala de poblaciones del zooplancton.
- Checkley *et al.* (1992), usaron este tipo de sistemas para estudiar las variaciones diurnas del zooplancton y su ambiente.
- Mundy *et al.* (1994), usaron bombas sumergibles operadas por buzos en sus muestreos subsuperficiales de huevos de invertebrados y equinodermos marinos.
- Checkley y Bez (2002), usaron muestreo por bombeo para estudiar el zooplancton en relación a las Celdas Langmuir.
- Heidelberg *et al.* (2004), para estudiar zooplantívoros bentónicos asociados con arrecifes de coral.

4.2.- El programa IMECOCAL.

El IMECOCAL (Investigaciones Mexicanas de la Corriente de California) es un programa interinstitucional de monitoreo oceánico (participan CICESE, UABC, UNAM, CICIMAR, CIBNOR) que desde septiembre de 1997 ha desarrollado actividades de investigación (con cruceros trimestrales de 21 días cada uno) en el sector sur de la Corriente de California.

Uno de los objetivos de este proyecto es estudiar la dinámica poblacional de peces pelágicos menores (sardina, anchoveta, macarela) para conocer los cambios en las dimensiones y localización de sus hábitats de desove (abundancia y patrones de distribución de huevos), estimar la biomasa de adultos reproductores, para entender el

estatus y la dinámica poblacional, y para una mejor administración de sus pesquerías.

La aplicación a gran escala del muestreo continuo por medio de sistemas de bombeo para estimar la amplitud del hábitat de desove de la sardina y la anchoveta es reciente (Hunter y Alheit, 1997; Hunter, 1999; GLOBEC, 1999). Por lo anterior, al Comité Científico del IMECOCAL le interesó usar este tipo de muestreo para estudiar el hábitat de desove de las poblaciones de anchoveta norteña (*Engraulis mordax*) y de sardina del Pacífico (*Sardinops sagax*) en el sector sur de la Corriente de California.

4.3.- El sistema CUFES

Dentro de la categoría de sistemas para el muestreo continuo de zooplancton superficial están los sistemas para el muestreo continuo de huevos de peces, o CUFES por sus siglas en inglés (Continuous Underway Fish Egg Sampler), que se han probado exitosamente en ambas costas de Estados Unidos (Checkley *et al.*, 1997).

Los sistemas CUFES fueron diseñados para resolver las limitaciones de los métodos de muestreo tradicionales (los que usan esquemas de estaciones en forma de rejilla) mediante arrastres con redes de plancton para estimar la abundancia y distribución de huevos de peces, y que son: falta de precisión, exactitud y sensibilidad; no se registran las agregaciones de huevos entre las estaciones; los arrastres están limitados a condiciones favorables del mar; producen muestras que se procesan hasta regresar a tierra requiriendo trabajo extensivo, lento y costoso en laboratorio.

Los objetivos generales de los sistemas CUFES son: producir estimaciones de abundancia y distribución de huevos de peces en “tiempo real” (simultáneo a la realización del crucero); minimizar el trabajo posterior de laboratorio; y facilitar el muestreo adaptativo (la selección de estaciones depende de una variable de interés, como la temperatura superficial del mar).

Las ventajas específicas de usar este tipo de sistema son: el muestreo es continuo, con lo que se evita el “tiempo muerto” de navegación entre estaciones; la tasa de muestreo de agua es constante; el muestreo se realiza simultáneo a otras actividades; el muestreo de huevos es cuantitativo; las muestras son analizadas fácilmente; produce series de tiempo apropiadas para análisis numérico en escalas espaciales y temporales; pueden operar en casi todas las condiciones del mar generando estimaciones continuas de abundancia volumétrica de huevos; y son sistemas robustos, han sido probados a velocidades de hasta 12 nudos ($22.2 \text{ km hora}^{-1}$), desde mar en calma hasta tormentas.

La primera parte del sistema es una bomba sumergible del tipo semi-vortex (Ebara DVSU, 3 HP, 3 fases, 60 Hz, 230/460 V) de alto volumen ($0.64 \text{ m}^3 \text{ min}^{-1}$), que usualmente esta fijada a la borda del barco a tres metros de profundidad mediante un soporte removible y externo al casco.

La segunda del sistema parte es un dispositivo mecánico, concentrador de partículas grandes como los huevos y larvas de peces así como organismos del zooplancton mayores de 0.50 mm.

La tercera parte del sistema es un colector secuencial de muestras, compuesto por un soporte para una bandeja, un par de copos cilíndricos de acrílico, y un selector manual

para cambiar la dirección del flujo del agua que recibe uno de los dos copos durante el tiempo definido para cada muestra. Los huevos y larvas de peces, así como demás organismos planctónicos son retenidos del caudal de agua de mar que la bomba sumergible envía al concentrador.

El equipo opcional para los sistemas CUFES (que no se incluyó en la instalación realizada en el B/O Francisco de Ulloa) son componentes electrónicos para la identificación y el conteo automatizado de partículas, que se instalan en la manguera que conecta al concentrador y el colector; consta de una grabadora de video, un contador óptico y una computadora para registro automático de datos.

La luz de la malla nytex usada en el tamiz del concentrador y en los dos copos del colector de CUFES es de 0.50 mm, ya que según Moser (1996) los huevos de *Sardinops sagax* son circulares y tienen un diámetro entre 1.3 y 2.1 mm; mientras que los huevos de *Engraulis mordax* son ovalados, con un diámetro mayor entre 1.23 y 1.55 mm y un diámetro menor entre 0.65 y 0.82 mm, por lo que ambos pueden ser retenidos fácilmente por el tamiz y los copos del colector de CUFES.

A partir de los trabajos de Checkley *et al.* (1997), se desarrollaron otros trabajos de investigación acerca de la distribución y abundancia de huevos de peces pelágicos menores usando CUFES en varias partes del mundo: Van der Lingen *et al.* (1998) en Sudáfrica; Checkley *et al.* (1999a) en costa Oeste de Estados Unidos; Checkley *et al.* (1999b) en la costa Norte de España; Watson *et al.* (1999) para estudiar la distribución de huevos en costas de California; Checkley (2000) para estudiar el hábitat de desove de pelágicos menores en North Carolina y California; Checkley *et al.* (2000) con sardina y anchoveta en las costas centrales de California; Santos *et al.* (2001) con anchoa y sardina en el Golfo de Vizcaya; Carrera *et al.* (2002) para mejorar las estimaciones acústicas en el estudio de pelágicos menores; Carrera *et al.* (2002b) para mejorar la precisión de estimadores de la distribución de huevos, en las aguas del sur del Atlántico y Europa; Parada *et al.* (2003) sobre el efecto de la flotabilidad de huevos de anchoveta en su transporte por la Corriente de Benguela; Boyra *et al.* (2003) sobre la estandarización de CUFES; Lynn (2003) sobre la variabilidad de los hábitats de desove de la sardina en la parte central y sur de California; Pepin *et al.* (2005) para comparar la red Bongo y el sistema CUFES; y Dopolo *et al.* (2005) para la distribución de huevos de pelágicos menores en Agulhas Bank.

5.- Instalación de CUFES.

Incorporar un nuevo sistema de muestreo como parte del equipo permanente de un barco oceanográfico no implica solamente tomar en cuenta las posibilidades en cuanto a espacio para instalar los componentes, cableado eléctrico, ductería, pasamamparos, etc., sino también considerar si su operación pudiera interferir con alguno de los equipos instalados en el barco así como su eficiencia de navegación.

En marzo de 1999 se iniciaron los trabajos de instalación del sistema CUFES en el B/O Francisco de Ulloa, un barco oceanográfico de 28 metros de eslora y 149 toneladas de arqueo bruto, propiedad del CICESE (foto 1), para su uso en los cruceros oceanográficos del proyecto IMECOCAL.

El espacio de trabajo en el laboratorio húmedo del barco es reducido, por lo que la

selección del lugar para instalar el concentrador y el colector del sistema CUFES fué realizada con cuidado para no afectar a las demás actividades durante los cruceros oceanográficos de este proyecto o de otros que usen los espacios de trabajo del B/O Francisco de Ulloa.

En la designación del espacio para instalar el concentrador y el colector dentro del laboratorio húmedo, fue seleccionada el área cerca a la puerta que comunica a la cubierta de popa (foto 2), para facilitar la instalación de las mangueras usadas para la salida del agua de mar que ha pasado por el concentrador y el colector.

La instalación definitiva de CUFES se pudo completar probando dos esquemas, primero una instalación con la bomba externa al casco que presentó problemas de navegación durante el crucero IMECOCAL 9903/04, seguida de una instalación con la bomba interna al casco, que se ha usado a partir de julio de 1999.

Por limitaciones de tiempo (compromisos de trabajo del barco), las instalaciones y modificaciones necesarias para CUFES se hicieron durante las estancias del barco en el Puerto de Ensenada (Baja California), los descansos entre cruceros o aprovechando los trabajos de mantenimiento del casco en dique seco.

5.1.- Instalación con bomba externa.

La primera instalación se realizó a fines de marzo de 1999, con el barco a flote en los muelles de Ensenada, justo antes del zarpe del crucero IMECOCAL 9904, y consistió en armar el sistema CUFES con la opción de posicionar la bomba de succión en el exterior del casco del barco.

Como ya se mencionó, solo hay una puerta de acceso del laboratorio húmedo hacia la cubierta de popa. En la parte interna junto a esa puerta antes se encontraba el soporte para un motor fuera de borda (foto 3) que fué cambiado de lugar para liberar el espacio necesario para instalar el concentrador y el colector de CUFES (foto 4).

La primera muestra de zooplankton obtenida usando el sistema CUFES, fue en la Bahía de Todos Santos (Baja California), durante una salida de prueba realizada en marzo de 1999, a bordo del B/O Francisco de Ulloa (foto 5).

Las cajas de control (con los interruptores y fusibles para el encendido o apagado de la bomba de succión y el motor del concentrador) se situaron frente al concentrador, sobre la pared que separa al laboratorio húmedo del laboratorio seco (foto 6).

La bomba de succión se instaló al final de una extensión metálica tubular en la parte intermedia de la borda de estribor (foto 7), y esta comunicada con el concentrador (dentro del laboratorio húmedo) por medio de una manguera tipo industrial de tres pulgadas de diámetro (foto 8).

Para la operación de CUFES la extensión metálica tubular (que entre cruceros se puede colocar horizontalmente) se posiciona verticalmente (foto 9) y va fijada lateralmente con tensores (de alambre trenzado de ¼" con protección de plástico) para evitar el movimiento horizontal de la extensión entre la proa y la popa del barco o que golpeará contra el casco.

Cabe aclarar que aunque la bomba de succión se muestra en la borda de babor del barco, la selección de la borda donde se posiciona la extensión metálica tubular depende de espacios disponibles y las políticas de operación de cada barco.

Una ventaja de la instalación con bomba externa, es que el soporte de la bomba de succión es una estructura metálica desmontable, de manera que pueda cambiarse de lugar o moverla a una posición horizontal de manera que no estorbe las operaciones de otros cruceros (foto 10).

Al final del primer transecto del crucero IMECOCAL 9904 (primer crucero usando CUFES) fue necesario desmontar el soporte externo de la bomba debido a que causaba problemas en la eficiencia de navegación del barco (efecto de timón) y producía un balanceo brusco hacia estribor, el lado con el soporte metálico de la bomba (foto 11).

5.2.- Instalación con bomba interna.

La segunda instalación (antes del crucero IMECOCAL 9910), se realizó durante una estancia para mantenimiento del casco del B/O Francisco de Ulloa en dique seco en Ensenada. Consistió en cambiar la bomba de succión al cuarto de máquinas del barco (foto 12), dentro de una caja de acero inoxidable herméticamente cerrada (foto 13).

Esa caja metálica tiene comunicación controlada al exterior del casco, donde se instaló una "cuchara" (orientada hacia la proa del barco) en la base de la toma de agua en el fondo del casco (foto 14). La comunicación entre la caja hermética y el fondo del casco se realiza mediante un ducto metálico de tres pulgadas de diámetro interno, con una válvula intermedia de seguridad.

La comunicación entre la caja hermética (en el cuarto de máquinas) y el concentrador (en el laboratorio húmedo) se establece a través de una manguera tipo industrial de tres pulgadas de diámetro, pasando por la cubierta de popa (foto 15).

6.- Discusión.

Este tipo de sistema aumenta significativamente la eficiencia de muestreo. Por ejemplo: en un crucero IMECOCAL donde se cumplan al 100% los objetivos, se realiza un total de 92 arrastres con red de plancton (muestreo discreto), comparado con un promedio de 700 muestras CUFES (muestreo continuo).

El aumento de un orden de magnitud en la intensidad de muestreo al usar CUFES permite aprovechar de manera sustancial la infraestructura de operación, el tiempo de barco, el equipo usado y el tiempo del personal participante. La instalación de un sistema como CUFES en un barco de investigación Oceanográfica aumenta considerablemente su valor como plataforma de trabajo en el mar.

7.- Literatura citada.

- Boyra, G., L. Rueda, M. Santos y A. Uriarte. 2003. Estandarización del muestreador continuo de huevos en superficie (CUFES). Revista AZTI No. 15, Abril 2003.
- Carrera, P., R. Carbo and J. Miquel. 2002. Effect of the ship signature on acoustics estimates. 6th ICES Symposium on Acoustics in fisheries and aquatic ecology. Montpellier (France), 10-14 June 2002.
- Carrera, P., M. Peña, V. Marques, Y. Stratoudakis, P. Gomes, A. Uriarte, M. Santos, J. Masse, P. Petitgas, D. Borchers, C. Paxton, S. Wood and S. Coombs. 2002b. Improving the Precision of acoustic abundance estimates using egg distribution and other auxiliary variables: a case study in the Southern Atlantic waters of Europe. 6th ICES Symposium on Acoustics in fisheries and aquatic ecology. Montpellier (France), 10-14 June 2002.
- Checkley, D.M. Jr., S. Uye, M.J. Dagg, M.M. Mullin, M.M. Omuri, T. Onbé and M.-y. Zhu. 1992. Diel variation of the zooplankton and its environment at neritic stations in the Inland Sea of Japan and the northwest Gulf of Mexico. *Journal of Plankton Research*, 14:1-40.
- Checkley, D.M. Jr., P.B. Ortner, L.R. Settle and S.R. Cummings. 1997. A continuous, underway fish egg sampler. *Fisheries Oceanography*, 6(2):58-73.
- Checkley, D.M. Jr., P.B. Ortner, F.E. Werner, L.R. Settle and S.R. Cummings. 1999a. Spawning habitat of the Atlantic menhaden in Onslow Bay, North Carolina. *Fisheries Oceanography*, 8(2):22-36.
- Checkley, D.M. Jr., L. Motos, A. Uriarte, M. Santos, M. Trivedi and S. Iwamoto. 1999b. Continuous, underway sampling of pelagic fish eggs and the environment: the Bay of Biscay anchovy and machine vision research. ICES CM 1999.M:05, 15 p.
- Checkley, D.M. Jr. 2000. Spawning habitats of small pelagic fish off North Carolina and California, USA. *In*: Checkley, D.M., Jr., J.R. Hunter, L. Motos and C.D. van der Lingen (eds.). 2000. Report of a workshop on the use of the Continuous Underway Fish Egg Sampler (CUFES) for mapping spawning habitats of pelagic fish. GLOBEC Report No. 14, pp. 34-35.
- Checkley, D.M., Jr., R.C. Dotson and D.A. Griffith. 2000. Continuous, underway sampling of eggs of Pacific sardine (*Sardinops sagax*) and northern anchovy (*Engraulis mordax*) in spring 1996 and 1997 off southern and central California. *Deep-Sea Research*, 47:1139-1155.
- Checkley, D., and N. Bez. 2002. Zooplankton in Langmuir Cells Observed from FLIP. American Geophysical Union Conference, December 2002, San Francisco, California. Sitio del Marine Physical Laboratory (Scripps) en la red mundial. <<http://www.mpl.ucsd.edu/>> [Consulta: 27 de octubre del 2004].
- Dopolo, M.T., C.D. van der Lingen and C.L. Moloney. 2005. Stage-dependent vertical distribution of pelagic fish eggs on the western Agulhas Bank, South Africa. *African Journal of Marine Science*, 27(1):249-256.
- Eurgain, H.J., S.D. Batten, D. Stevens, A.W. Walne, T. Jonas and G.C. Hays. 2002. Continuous plankton records stand the test of time: evaluation of flow rates,

clogging and the continuity of the CPR time-series. *Journal of Plankton Research*, 24(9): 941-946.

- GLOBEC. 1999. Global Ocean Ecosystem Dynamics Implementation Plan. GLOBEC Report No. 13, 207 p.
- Heidelberg, K.B., K.P. Sebens and J.E. Purcell. 2004. Composition and sources of near reef zooplankton on a Jamaican forereef along with implications for coral feeding. *Coral Reefs*, 23:263-276.
- Herman, A.W., M.R. Mitchell and S.W. Young. 1984. A continuous pump sampler for profiling copepods and chlorophyll in the upper oceanic layers. *Deep Sea Research*, 31(4):439-450.
- Hunter, J.R. 1999. Climate Variability and Spawning Habitat: A progress Report from SPACC Working Group 8. *Globec International Newsletter*, 5(2):8-11.
- Hunter, J.R., and J. Alheit (editors). 1997. International GLOBEC Small Pelagic Fishes and Climate Change Program. Implementation Plan. GLOBEC Report, 11:1-36.
- Lalli, C.M., and T.R. Parsons. 1997. *Biological Oceanography: an introduction*. Butterworth-Heinemann Eds., Oxford, 2nd Edition, 314 p.
- Lynn, R.J. 2003. Variability in the spawning habitat of Pacific sardine (*Sardinops sagax*) off southern and central California. *Fisheries Oceanography*, 12(6):541-553.
- Moser, H.G. (ed.). 1996. The early stages of fishes in the California Current region. *CalCOFI Atlas No. 33*, 1505 p.
- Mundy, C., R. Babcock, I. Ashworth and J. Small. 1994. A portable, discrete-sampling submersible plankton pump and its use in sampling starfish eggs. *Biological Bulletin*, 186:168-171.
- O'Connell, C.P., and R.J.H. Leong. 1963. A towed pump and shipboard filtering system for sampling small zooplankters. United States Fish and Wildlife Service, Special Scientific Report – Fisheries No. 452, 19 p.
- Omori, M., and S. Jo. 1989. Plankton sampling system with a new submersible vortex pump and its use to estimate small-scale vertical distribution of eggs and larvae of *Sergia lucens*. *Bulletin of the Plankton Society of Japan*, 36(1):19-26.
- Parada, C., C.D. van der Lingen, C. Mullon and P. Penven. 2003. Modelling the effect of buoyancy on the transport of anchovy (*Engraulis capensis*) eggs from spawning to nursery grounds in the southern Benguela: an IBM approach. *Fisheries Oceanography*, 12(3):170-184.
- Pepin, P., P.V.R. Snelgrove and K.P. Carter. 2005. Accuracy and precision of the continuous underway fish egg sampler (CUFES) and bongo nets: a comparison of three species of temperate fish. *Fisheries Oceanography*, 14(6):432-447.
- Santos, M., A. Uriarte, L. Ibaibarriaga and G. Boyra. 2001. CUFES vs. PAIROVET: comparación en el mapeo y distribución de abundancias de huevos de anchoa y

sardina en el Golfo de Vizcaya en el año 2000. I Simposio GLOBEC España. El Puerto de Santa María (Cadiz). 27-30 Noviembre 2001.

Van der Lingen, C.D., D.M. Checkley, Jr., M. Barange, L. Hutchings and K. Osgood. 1998. Assessing the abundance and distribution of eggs of sardine, *Sardinops sagax*, and round herring, *Etrumeus whiteheadi*, on the western Agulhas Bank, South Africa, using a continuous, underway fish egg sampler. Fisheries Oceanography, 7(1):35-47.

Watson, W., R.L. Charter, H.G. Moser, R.D. Vetter, D.A. Ambrose, S.R. Charter, L.L. Robertson, E.M. Sandknop, E.A. Lynn and J. Stannard. 1999. Fine-scale distributions of planktonic fish eggs in the vicinities of Big Sycamore Canyon and Vandenberg Ecological Reserves, and Anacapa and San Miguel Islands, California. CalCOFI Reports, 40:128-153.



8.- Anexo. Fotos de la instalación de CUFES.

CICESE



Foto 1. El B/O Francisco de Ulloa en la rada portuaria de Ensenada (Baja California, México), visto desde la proa del barco por la banda de babor.



Foto 2. Vista de la entrada al laboratorio húmedo del B/O Francisco de Ulloa, desde la cubierta de popa. Se aprecia la puerta abierta para el acceso a los laboratorios del barco, cerca de la borda de estribor.



Foto 3. Esquina del laboratorio húmedo del B/O Francisco de Ulloa, donde se tenía un motor fuera de borda para una lancha, pero que se quitó para instalar el concentrador y colector del sistema CUFES. La puerta comunica con la cubierta de popa del barco.



Foto 4. Concentrador (lado izquierdo) y colector (lado derecho) de CUFES en el laboratorio húmedo del B/O Francisco de Ulloa, en operación durante la navegación entre estaciones. Se aprecia el concentrador lleno al 60% de capacidad, el tamiz interior del concentrador, la manguera que conecta al concentrador con el colector, y los dos copos en el colector.



Foto 5. Primera muestra de zooplancton obtenida usando el sistema CUFES, en la Bahía de Todos Santos (Baja California), durante una salida de prueba realizada en marzo de 1999, a bordo del B/O Francisco de Ulloa.



Foto 6. Arriba a la izquierda se aprecian las dos cajas de control con los interruptores y fusibles para el encendido o apagado de la bomba de succión y del motor del concentrador de CUFES, situados frente al concentrador, en el laboratorio húmedo.



Foto 7. Extensión metálica (color amarillo) donde esta fijada la bomba de succión (color negro). Foto tomada desde la proa del B/O Francisco de Ulloa, por la borda de estribor. Se aprecia al fondo la base fija al casco (color amarillo) donde descansa la extensión para evitar golpeteo sobre el costado del barco durante la navegación.



Foto 8. Porción de la manguera que comunica la bomba de succión con el concentrador. Se aprecia una válvula de control junto al pasamamparo.



Foto 9. Soporte tubular en posición de trabajo (aunque con la manguera desconectada). Además se ven las tres mangueras cerca de la cubierta de popa que salen del colector para tirar el agua sobrante por la borda de estribor.



Foto 10. Soporte tubular de la bomba de succión en posición horizontal, sobre la banda de estribor del B/O Francisco de Ulloa.



Foto 11. Durante los trabajos para desmontar el soporte externo de la bomba de succión, al principio del crucero IMECOCAL 9904 a bordo del B/O Francisco de Ulloa.



Foto 12. Instalación de la bomba de succión dentro de una caja metálica de acero inoxidable, en el cuarto de máquinas del B/O Francisco de Ulloa.



Foto 13. Bomba de succión usada por el sistema CUFES. A la izquierda la bomba Ebara DVSU. A la derecha la misma bomba dentro de la caja metálica (destapada) usada para la instalación interna al casco del barco.



Foto 14. Deflector instalado en la base del casco del B/O Francisco de Ulloa, a un lado de la toma de enfriamiento de la máquina principal del barco.



Foto 15. Para la instalación interna de la bomba de succión fué necesario pasar la manguera (que sale de la caja metálica en el cuarto de máquinas) por la cubierta de popa, para lo cual se instaló una protección metálica (color amarillo).