



PROTOCOLO DE

**MONITOREO OCEANOGRÁFICO,
ACÚSTICO PASIVO Y ADN AMBIENTAL**





PROTOCOLO DE

**MONITOREO OCEANOGRÁFICO,
ACÚSTICO PASIVO Y ADN AMBIENTAL**

PROTOCOLO DE MONITOREO OCEANOGRÁFICO, ACÚSTICO PASIVO Y ADN AMBIENTAL.

Serie: Manuales COBI.

Segunda edición: Abril 2022.

Revisión: Alfonso Romero, Daniela Pineda, Inés López, Jacobo Caamal y Jorge Torre.

Edición: Inés López, Jorge Torre y Rebeca Fernández.

Diseño editorial: Karla Rivas | omedg.com

Cita: COBI. (2022). *Protocolo de Monitoreo Oceanográfico, Acústico y ADN Ambiental*.

Comunidad y Biodiversidad A.C. y Hopkins Marine Station, Stanford University.

2^{da} edición.

Hecho e impreso en México.

ISBN: 978-607-99422-4-3

Comunidad y Biodiversidad, A. C.

Calle Isla del Peruano #215 Colonia Lomas de Miramar

Guaymas, Sonora, México, C. P. 85448

www.cobi.org.mx

 @cobi.mx   @cobi_mx

Copyright © por Comunidad y Biodiversidad, A.C., (COBI). Todos los derechos reservados. Se prohíbe la reproducción parcial o total de esta obra, o la incorporación a un sistema informático, o la transmisión en cualquier forma o por cualquier medio (electrónico, mecánico, fotocopia, grabación u otros) sin autorización previa y por escrito de los titulares del copyright. Toda solicitud debe dirigirse a COBI (Comunidad y Biodiversidad, A.C.) en cobi@cobi.org.mx.

La infracción de dichos derechos puede constituir un delito contra la propiedad intelectual.

PROTOCOLO DE MONITOREO OCEANOGRÁFICO, ACÚSTICO PASIVO Y ADN AMBIENTAL.

Este manual refleja el trabajo de tres organizaciones con amplia experiencia realizando monitoreos oceanográficos en los ecosistemas marinos de México y el extranjero, en cercana colaboración con comunidades costeras, pescadores, investigadores y agencias de gobierno. Si tiene alguna pregunta acerca de los procedimientos de entrenamiento o de los métodos, o encuentra algún error en el manual, por favor no dude en comunicarse con nosotros:

Información de contacto:

Alfonso Antonio Romero Castro (aromero@cobi.org.mx)

Red de Pescadoras y Pescadores (red@cobi.org.mx)

Con contribuciones de:

Villaseñor Derbez, J.C¹, +., Hernández Velasco, J.A.¹, Alnajjar, M.², Boch, C.³, Fulton, S.¹, Micheli, F.², Woodson B.⁴, Monismith, S²., Munguía-Vega, A.⁵, Pinedo Torrentera D¹., Caamal Madrigal J.A¹. y Romero Castro A.A¹.



Figura 1. Foca Moteada. **Fotografía:** E. López, buza monitora del grupo de monitoreo comunitario de la S.C.P.P. Buzos y Pescadores de la Baja California.

¹ Comunidad y Biodiversidad, A.C., Guaymas, Sonora, México.

² Hopkins Marine Station, Stanford University, California, US.

³ Monterey Bay Aquarium Research Institute, California, US.

⁴ College of Engineering, University of Georgia, Georgia, US.

⁵ University of Arizona, Tucson, US.

+ Hopkins Marine Station, Stanford University (afiliación actual).

ÍNDICE

1. Introducción	9
2. Consideraciones antes de comenzar	10
3. Instrumentos para medir variables biofísicas	11
3.1 Thermistor SBE-56	12
3.1.2 Instrucciones para recuperación, limpieza, descarga de datos, programación o reprogramación e instalación.	14
3.2 Medidor de oxígeno PME MiniDOT	18
3.2.2. Instrucciones para recuperación, limpieza, descarga de datos, programación o reprogramación e instalación.	20
3.3 Sensores HOBO UA-001, U20 y U22	24
3.3.2. Instrucciones para recuperación, limpieza, descarga de datos, programación o reprogramación e instalación.	26
3.4 CTD (SBE 37-SMP-ODO Micro CAT)	29
3.4.2. Instrucciones para recuperación, limpieza, descarga de datos, programación o reprogramación e instalación.	31
3.5 Perfilador Acústico Doopler de Corrientes - ADCP (o ADP)	36
3.5.1. Instrucciones para recuperación, limpieza, descarga de datos, programación o reprogramación e instalación.	36
4. Instrumentos para medir variables acústicas	41
4.1 Hidrófono tipo SNAP para monitoreo acústico pasivo	42
4.1.2. Instrucciones para recuperación, limpieza, descarga de datos, programación o reprogramación e instalación.	43
5. Instrumentos para medir variables de conectividad genética	49
5.1 ADN ambiental	50
6. Sistemas de Fondeo	61
6.1 Sistemas de Fondeo Temporal (SIFOTE) para sensores oceanográficos	62
6.1.1 Instrucciones para la construcción y colocación de sistemas de fondeo temporal.	64

1. INTRODUCCIÓN

Este protocolo pretende ser una guía práctica -más no exhaustiva- sobre el uso, instalación, mantenimiento y descarga de información de instrumentos para medir datos oceanográficos, acústicos y de ADN ambiental.

El uso de sensores oceanográficos permite el registro de las variaciones en las condiciones del agua, por ejemplo: oxígeno, temperatura, salinidad, conductividad, corriente, nivel de mar, entre otras. Los datos que se obtienen con ellos pueden ser de gran utilidad para explicar cambios en la producción pesquera y en el aumento o disminución de algunas especies. Por lo tanto, resulta importante el uso de estas herramientas para apoyar la toma de decisiones en las pesquerías y para obtener respuestas sobre los fenómenos ambientales que ocurren en los ecosistemas. Comunidad y Biodiversidad en conjunto con la Universidad de Stanford, colaboran con organizaciones pesqueras de distintas regiones de México del Pacífico, Golfo de California y Arrecife Mesoamericano en el uso de distintos sensores. Esta red de sensores ha sido importante para entender las transformaciones ambientales que ocurren en el océano y ha dado como resultado organizaciones pesqueras más preparadas e informadas.

Los datos adquiridos por los instrumentos aquí presentados son una colaboración de diferentes instituciones. Por lo tanto, es importante entender su funcionamiento y compartirlos con las instituciones que se colabora en cada región. A continuación, se mencionan las instituciones que colaboran:

Pacífico: Universidad de Stanford, contacto actual: Fiorenza Micheli (micheli@stanford.edu), cooperativas pesqueras correspondientes y COBI.

Golfo de California. Con las organizaciones pesqueras correspondientes y COBI.

Caribe. Con las organizaciones pesqueras correspondientes y COBI.

Red de Pescadoras y Pescadores red@cobi.org.mx

2. CONSIDERACIONES ANTES DE COMENZAR

Es OBLIGATORIO generar copias múltiples de todos los datos crudos (tal cual se descargan del instrumento). Se deberán generar copias en:

- Computadora principal.
- Computadora de repuesto.
- Disco duro externo.
- USB.

Debido al número y tamaño de archivos, puede ser necesario enviarse por DropBox, GoogleDrive u otro medio similar.

Software necesario:

- El software para los termistores SeaSoftV2.4 puede descargarse en <http://www.seabird.com/software/seaterm-v2>.
- El software para los instrumentos PME (MiniDOT) puede ser solicitado a través de la información de contacto ubicada al inicio de este protocolo.
- El software para los HOBOS (HOBOWare) existe en versión gratuita y de versión de pago, puede descargarse en <https://www.onsetcomp.com/hoboware-free-download/>.
- El sensor ADP utiliza el programa Aquapro13708 (1).zip para la descarga y programación. Para descargar esta programa es necesario registrarse en la siguiente página <https://www.nortekgroup.com/software>
- En el caso de los sensores acústicos no es necesario un software especializado para descargar los datos.

Nota 1 al 28/02/22: El software SeaTermV2 que se descarga del internet puede no reconocer a los instrumentos que se conecten. La mejor opción es instalar una versión anterior (La versión 1.1 f funciona bien). Con el programa instalado (sin abrirlo) se conecta el instrumento y se espera a que el controlador ("Driver") se instale. Después se abre el programa SeaTerm V2, y podemos comenzar a trabajar.

Nota 2 al 28/02/22: Algunas laptops no tienen conexiones hembra y macho para cables seriales. Para el CTD SBE37, es necesaria una conexión macho en la computadora, o un convertidor Serial-USB. Los convertidores pueden dar problemas en la transmisión de los datos, pero vale la pena intentarlo. Todas las conexiones deben de ser probadas antes del viaje, pues la instalación de controladores (Drivers) requiere de internet.

A lo largo del manual, encontrarás cuadros azules como este, donde se recogen ejemplos, así como soluciones comunitarias relacionadas al uso y manejo de los instrumentos.

3

INSTRUMENTOS PARA MEDIR VARIABLES BIOFÍSICAS

3.1 TERMISTOR SBE-56

Este sensor es un registrador de temperatura alimentado por batería, de bajo costo y alta precisión, además se puede programar para el intervalo de muestreo, dependiendo de las necesidades requeridas.

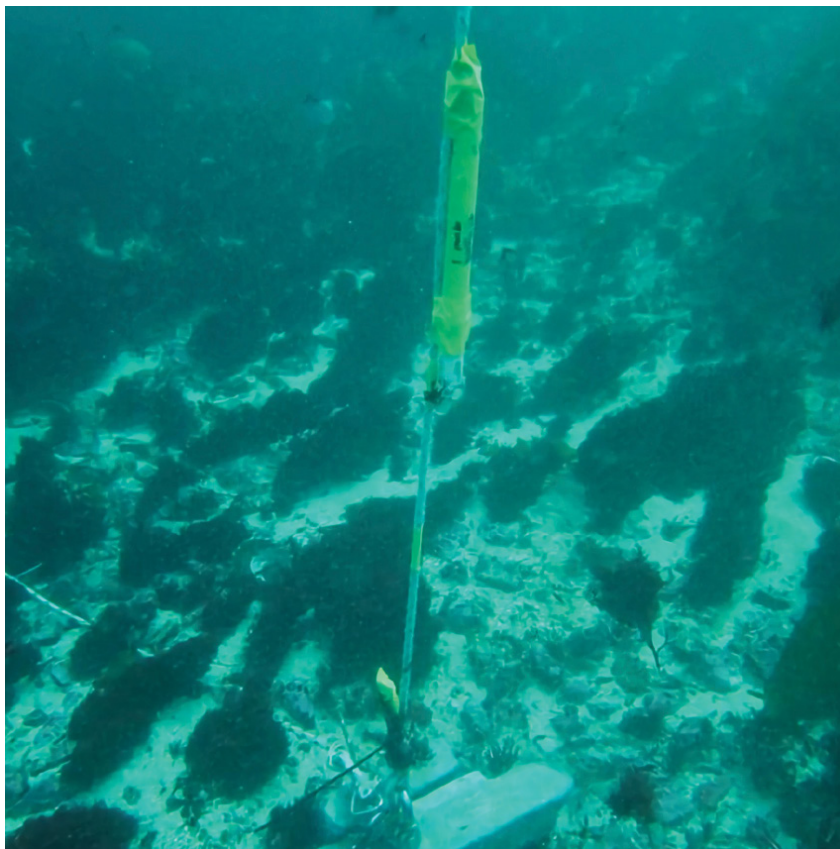


Figura 2. Thermistor SBE-56 instalado. **Fotografía:** Hopkins Marine Station (Universidad de Stanford).

3.1.1 Materiales para mantenimiento de Thermistor

- A.** Cepillo para tuberías que se utiliza para limpiar la punta del sensor.
- B.** Cincho de plástico.
- C.** Cable USB a mini USB para conectar el sensor a la computadora.
- D.** Silicón líquido en spray para O-rings.
- E.** Cinta amarilla para proteger el sensor.
- F.** Sensor Thermistor.
- G.** Silica.
- H.** Batería 3.6 volts, de litio no recargable.
- I.** Llave para abrir el sensor.
- J.** O-rings o empaques para el sensor.



Figura 3. Thermistor SBE-56 y componentes básicos de mantenimiento. Fotografía: COBI.

3.1.2 Instrucciones para recuperación, limpieza, descarga de datos, programación o reprogramación e instalación.

Recuperación

1. Equipo necesario:
 - a. Pinzas de corte.
 - b. Desarmador con cabeza de tuerca.
 - c. Llave inglesa.
 - d. Desarmador plano.
 - e. Jaba o bolsa de tela para herramientas (chica y/o grande).
 - f. Cinchos de plástico
 - g. Cuchillo
2. Recordar “instrucciones” a los participantes antes de salir, para asegurarse que la tripulación entiende sus responsabilidades y la maniobra de operación. Es importante mencionar, que los instrumentos se deberán de manipular con mucho cuidado en todo momento.
3. Utilizar GPS para llegar al lugar de trabajo.
4. Dar instrucciones claras antes de iniciar el buceo para localizar el sistema de fondeo.
5. Mientras se desciende, se revisan los puntos de conexión entre los cables o cabos del sistema de fondeo para asegurarnos que no están dañados.
6. Remover el instrumento cortando sus ataduras, y colocar en la jaba o bolsa correspondiente.
7. Es necesario llevar un control en bitácoras de campo, anotar profundidad, fecha y hora en que se sacó el instrumento y número de serie de cada instrumento recuperado.
8. Los instrumentos pueden ser colocados en una cubeta con agua salada durante el transporte hacia el punto de descarga de datos.
9. Si el sistema de fondeo se ha movido del punto original, marcar un nuevo punto de GPS en grados decimales (00.0000°), y hacer esa anotación en la bitácora

Soluciones comunitarias - localización sin GPS

En algunas regiones, los sensores se instalan cerca de manglares y algunos monitores y monitoras reutilizan materiales que se encuentran varados en el mar, para marcar los sitios en donde se colocaron los sensores. Estos materiales pueden ser boyas, cabos, botellas de plástico u otros. Se sujetan en los mangles para ayudar a identificar los puntos en donde se colocaron los sensores y facilitar su mantenimiento. Esta solución comunitaria puede funcionar en caso de no contar con un GPS para localizar los instrumentos. Esta solución es aplicable a otros sensores.

Limpieza

1. Colocar en agua dulce para enjuagar.
2. Con un cepillo, quitar las algas del aparato excepto en el PIN del instrumento, para evitar dañarlo.
3. Para limpiar la zona del PIN, puede ser útil un cincho de plástico, pero se debe tener mucho cuidado de no dañar el PIN.
4. Para el resto del aparato quitar la cinta aislante que lo cubre (cinta aislante amarilla).
5. Si hay algas costrosas o balanos, colocar el instrumento en una solución de agua y vinagre blanco al 10% por un tiempo de 5 minutos aproximadamente, lo retiras del agua y continúas retirando el sobrecimiento. Esta operación la repites las veces que sea necesario.
6. Una vez limpio el instrumento, se remoja una vez más en agua limpia y se seca.

Soluciones comunitarias - mantenimiento y limpieza de sensores

Cuando los sensores se colocan en el mar, como todo material que tiene contacto con el agua salada, al paso del tiempo van formando capas de lama o se le van pegando organismos vivos como balanos, algas, caracoles, etc. Al momento de dar mantenimiento al sensor, es necesario remover todas esas capas de lama y organismos, lo que puede tomar mucho tiempo y si no se hace con suficiente cuidado puede dañar el sensor. Una solución comunitaria para facilitar el mantenimiento de los sensores es enrollar el sensor con cinta aislante o cinta adhesiva antes de colocarlo en el mar, teniendo mucho cuidado de no obstruir la membrana que registra los datos. De esta manera, todo lo que se pegue quedará en la cinta y no en el sensor directamente. Así, cuando sea necesario dar mantenimiento del sensor solo será necesario despegar la cinta del sensor con mucho cuidado. Esta solución es aplicable a otros sensores.

Descargar de datos

IMPORTANTE: Antes de comenzar a trabajar, es necesario ajustar la fecha y hora de la computadora con la hora local. Abrir un "Bloc de notas" por instrumento, donde iremos poniendo información a lo largo del proceso de descarga. Este archivo deberá llamarse "Notes_on_nombre descrito en el numeral 12.txt".

1. Asegurarse de que el instrumento está seco y ha sido limpiado.
2. Para abrirlo, usar la manija negra proporcionada.
3. Asegurarse de que no haya agua dentro del instrumento.
4. Abrir el software SeaTermV2.

5. En la ventana del programa, dar clic en “SBE 56 Temperature Logger”.
6. Conectar el thermistor con el cable USB-MiniUSB.
7. Permitir que la ventana de comandos cargue.
8. IMPORTANTE tener hora y fecha local antes de proceder. Revisar fecha “Date/Time” y asegurarse de que coincidan con las del equipo de cómputo.
9. Dar clic en “Events Recorded”.
10. Se abrirá una ventana con texto.
11. Copiar toda la información en el documento de Bloc de notas creado.
12. Dar clic en “Upload” y buscar el folder correspondiente y guardar el archivo con el siguiente formato:

Año_Mes_Día_País_Localidad_Sitio_Metros_sobre_el_fondo_
 Profundidad aproximada del instrumento_Nombre del instrumento_
 Número de serie del instrumento

EJEMPLO

Un instrumento retirado el 5 de enero del 2015, en Isla Natividad, en Punta Prieta y que se encontraba a 1 metro sobre el fondo y en un anclaje a 18 metros de profundidad, se nombraría de la siguiente manera:

2015_01_05_Mexico_IslaNatividad_Puntaprieta_1MAB_18m_SBE57_
 SN10324.xml

Es importante no utilizar caracteres especiales (acentos, puntos o comas). El formato deberá de ser IGUAL para todos los archivos (*.xml *.xmlcom *.cnv *.csv).

13. Dar clic en “All Data”.
14. Clic en “Upload”.
15. Puede tardar hasta 40 minutos.
16. En la parte inferior se puede ver el estado del proceso.
17. Se guardará el archivo en formato *.xml, pero es necesario generar archivos en otros formatos:
 - a. Dar clic en “Export”.
 - b. En “File Type”, seleccionar formato *.csv.
 - c. Asegurarse de seleccionar el archivo.xml correcto.
 - d. Asegurarse que el directorio de salida sea el correcto, con el nombre correcto.
 - e. En “Date Format”, seleccionar “mes/día/año”.
 - f. En “Miscellaneous”, seleccionar “Output sample number” y “Output informational header”.

- g.** NO SELECCIONAR "Split file into multiple....", ya que generará diferentes archivos, difíciles de manejar.
 - h.** Dar clic en "Export" En la parte inferior se puede ver el estado del proceso
 - i.** Repetir el proceso, pero ahora con formato *.cnv
 - j.** En este caso, el "Date Format" será en "Julian days".
- 18.** Realizar las copias de respaldo en el disco duro externo y USB.

Programación o reprogramación

- 1.** Verificar que la computadora está configurada con la hora local del sitio de trabajo.
- 2.** Abrir el programa SeaSoftV2.4.
- 3.** Elegir la opción "SBE 56 Temperature Logger".
- 4.** En la sección de "Configuration Options" elegimos el periodo de muestreo (intervalo de registro), la fecha y hora en la cual queremos que el instrumento comience a trabajar.
- 5.** Para finalizar damos click en "Update Configuration" y el instrumento estará listo para tomar medición en la fecha y hora indicados.

Reinstalación

- 1.** Equipo y herramientas:
 - a.** Sensor.
 - b.** Abrazaderas de acero inoxidable.
 - c.** Cinta.
 - d.** Cinchos de plástico.
 - e.** Pinza de corte.
 - f.** Desarmador con cabeza de tuerca.
 - g.** Llave inglesa.
 - h.** Desarmador plano.
 - i.** Jaba o bolsa de tela para herramientas (chica y grande, si es necesario).
- 2.** Asegurarse de que el instrumento ha sido configurado correctamente.
- 3.** Debido a que se trabajará con instrumentos de precisión, es necesario informar a todos los participantes sobre las consideraciones específicas.
- 4.** Recordar "Instrucciones" asignando responsabilidades.
- 5.** Cargar todo el equipo a la embarcación.
- 6.** Utilizando el GPS, llegar al lugar donde está instalado el equipo.
- 7.** Recordar "Instrucciones" antes de buceo.
- 8.** Entrar al agua, e identificar el sistema de fondeo.

9. Al descender, revisar puntos de conexión de los cables o cabos del sistema de fondeo
10. Instalar el instrumento, sujetándolo con cinchos de plástico o abrazaderas en los cables o cabos del sistema de fondeo. Colocar el instrumento de abajo hacia arriba. Revisar que la instalación del instrumento es correcta.
11. Si el sistema de fondeo se ha movido del punto original, marcar un nuevo punto de GPS en grados decimales (00.0000°), y hacer esa anotación en la bitácora.

3.2 MEDIDOR DE OXÍGENO PME MINIDOT

Este tipo de sensores están diseñados para registrar datos de temperatura, oxígeno disuelto y saturación de oxígeno. Los intervalos de muestreo pueden ser programables dependiendo de la necesidad requerida, utiliza baterías de litio que se deben de cambiar en cada mantenimiento realizado para asegurar su buen funcionamiento.



Figura 4. Minidot instalado. **Fotografía:** Miguel Bracamontes, integrante del grupo de monitoreo comunitario de la SCPP Ensenada, El Rosario B.C.



Figura 5. Materiales para mantenimiento de Sensor MiniDOT's. Fotografía: COBI.

3.2.1. Materiales para mantenimiento de sensor MiniDOT

- A.** Sensor MiniDOT's.
- B.** Baterías de Litio.
- C.** USB, para guardar la información.
- D.** Cinta aislante para forrar sensor.
- E.** Cobre protector para membrana del sensor.
- F.** O-ring para sensor.

- G.** Toalla para secar sensor.
- H.** Adaptador de serie a USB macho.
- I.** Gel de sílice.
- J.** Silicón.
- K.** Cepillo para limpiar sensor.
- L.** Tapón protector del sensor.
- M.** Cinchos.

3.2.2. Instrucciones para recuperación, limpieza, descarga de datos, programación o reprogramación e instalación..

Recuperación

- 1.** Equipo necesario:
 - a.** Pinza de corte.
 - b.** Desarmador con cabeza de tuerca.
 - c.** Llave inglesa.
 - d.** Desarmador plano.
 - e.** Jaba o bolsa de tela para herramientas (chica y grande, si es necesario).
- 2.** Recordar “instrucciones” antes de salir para asegurarse de que la tripulación entiende sus responsabilidades. Es importante mencionar, que los instrumentos se deberán de manipular con mucho cuidado en todo momento.
- 3.** Utilizando el GPS, llegar al lugar donde está instalado el equipo.
- 4.** Dar instrucciones claras antes de iniciar el buceo para localizar el sistema de fondeo.
- 5.** Mientras se desciende, revisar los puntos de conexión entre los cables o cabos del sistema de fondeo para asegurarnos que no están dañados.
- 6.** Liberar el instrumento del cable de acero o del cabo en el cual esta instalado.
- 7.** Es necesario llevar un control en bitácoras de campo, anotar profundidad, fecha, hora en que se sacó el instrumento y número de serie de cada instrumento recuperado.
- 8.** Los instrumentos pueden ser colocados en una cubeta con agua salada durante el transporte hacia el punto de descarga de datos.
- 9.** Si el sistema de fondeo se ha movido del punto original, marcar un nuevo punto de GPS en grados decimales (00.0000º), y hacer esa anotación en la bitácora.

Limpieza

1. Colocar en agua dulce para enjuagar.
2. Con un cepillo, quitar las algas del aparato (NO TOCAR LA MEMBRANA)
3. Quitar la cinta que recubre el sensor.
4. Si hay algas costrosas o balanos, colocar el instrumento en una solución de agua y vinagre blanco al 10% por un tiempo de 5 minutos aproximadamente, retirarlo del agua y continuar retirando el sobrecimiento. Esta operación se repite las veces que sea necesario.
5. Una vez limpio el instrumento se remoja en agua limpia una última vez, y se seca.

Descargar de datos

IMPORTANTE: Antes de iniciar, es necesario tener actualizado el programa JAVA en la computadora, ya que sin esto no se detectará el sensor. Además es recomendable generar una carpeta en la computadora, para guardar los archivos. También se recomienda tener respaldo de los archivos en diferentes dispositivos.

1. Abrir el instrumento girando la base negra. Se recomienda colocar el instrumento con la base hacia abajo al abrirlo, para evitar que caigan restos de agua dentro de este.
2. Con el instrumento encendido. Colocar el cable primero al sensor y luego a la entrada USB de la computadora. Debe de encender una luz verde en el sensor la cual indica, que está en buenas condiciones.
3. Al conectar el sensor, se abrirá de manera automática una ventana en la que podremos ver cinco archivos. 1) La carpeta con los registros del sensor, etiquetada con el número de serie del instrumento. 2) El archivo de nombre miniDOTConcatenate, que sirve para integrar cada uno de los registros en un solo archivo. 3) El archivo de nombre miniDOTControl, que sirve para ver las configuraciones del sensor. 4) El archivo de nombre miniDOTPlot, que sirve para generar graficas una vez que los datos están concatenados. 5) El archivo Manual de usuario del sensor.
4. Primero es necesario dar doble clic en el icono del archivo miniDOTConcatenate. Se abrirá una ventana en la cual hay que seleccionar las siguientes opciones:
 - a. Elevation. Seleccionar esta opción
 - b. Surface Elevation (meter). En esta opción se coloca el valor de la distancia que hay entre el fondo del sitio, y el sensor (ejemplo: si el fondo está a 11 metros de profundidad, y el sensor está colocado a 9 metros de profundidad, el valor que hay que colocar, es la diferencia de entre 11 y nueve, es decir, 2 metros).

- c. Salinity (ppt). Corresponde a la salinidad de agua de mar en el sitio (valor promedio de salinidad del mar 34 ppt).
- d. Selec DATA Folder. Dar clic en esta opción y seleccionar la carpeta etiquetada con el número de serie del miniDOT, que contiene todos los registros realizados.
- e. Presionar “Concatenate” y luego “Aceptar”. Se generará un solo archivo con todos los registros realizados por el sensor.
- f. Cambiar el nombre del archivo generado “CAT.txt” con el siguiente formato.

Año_Mes_Día_País_Localidad_Sitio_Metros sobre el fondo_
Profundidad aproximada del instrumento_Nombre del instrumento_
Número de serie del instrumento

EJEMPLO

Un instrumento retirado el 5 de enero del 2015, en Isla Natividad, en Punta Prieta y que se encontraba a 1 metro sobre el fondo y en un anclaje a 18 metros de profundidad, se nombraría de la siguiente manera:

2015_01_05_Mexico_IslaNatividad_Puntaprieta_1MAB_18m_SBE57_
SN10324.xml

Es importante no utilizar caracteres especiales (acentos, puntos o comas). El formato deberá de ser IGUAL para todos los archivos (*.xml *.xmlcom *.cnv *.csv).

- 5. Dar doble clic al icono del archivo “miniDOTPlot”. Se abrirá una ventana.
 - a. Elevation; Seleccionar esta opción.
 - b. Surface Elevation (meter), en esta opción se coloca el valor de la distancia que hay entre el fondo del sitio, y el sensor (ejemplo: si el fondo está a 11 metros de profundidad, y el sensor está colocado a 9 metros de profundidad, el valor que hay que colocar, es la diferencia de entre 11 y nueve, es decir, 2 metros).
 - c. Salinity (ppt). Corresponde a la salinidad del agua de mar en el sitio (valor promedio de salinidad del mar, 34 ppt).
 - d. Selec DATA Folder: Dar clic en esta opción y seleccionar el archivo concatenado previamente.
 - e. aDar clic en Plot y se generará una gráfica en el cual están todos los registros que realizo el instrumento en el periodo de trabajo. Esta grafica se puede guardar como imagen.

Programación o reprogramación

1. Abrir el programa “miniDOTcontrol” (miniDOTcontrol.jar).
2. Se abrirá un mensaje con las instrucciones:
 - a. Conectar el instrumento.
 - b. Encender el instrumento.
 - c. Esperar a la que luz LED deje parpadear.
3. Dar clic en “Aceptar”.
4. Seleccionar el puerto de comunicación “COM3”.
 - a. Ingresar el intervalo de muestreo (generalmente este es de 10 minutos).
 - b. Dar clic en “Aceptar”.

Instalación

1. Equipo y herramientas:
 - a. Sensor.
 - b. Abrazaderas de acero inoxidable.
 - c. Cinta.
 - d. Cinchos de plástico.
 - e. Cajas para transportar instrumentos.
 - f. Pinza de corte.
 - g. Desarmador con cabeza de tuerca.
 - h. Llave inglesa.
 - i. Desarmador plano.
 - j. Jaba o bolsa de tela para herramientas (chica y grande, si es necesario).
2. Asegurarse de que el instrumento ha sido configurado correctamente.
3. Debido a que se trabajará con instrumentos de precisión, es necesario informar a todos los participantes sobre las consideraciones específicas.
4. Recordar “Instrucciones” asignando responsabilidades.
5. Cargar todo el equipo a la embarcación.
6. 1Utilizando el GPS, llegar al lugar de trabajo.
7. Recordar “Instrucciones” antes de buceo.
8. Entrar al agua e identificar el sistema de fondeo.
9. Al descender, revisar puntos de conexión de los cables o cabos del sistema de fondeo.
10. Instalar el instrumento, sujetándolo con cinchos de plástico o abrazaderas en los cables o cabos del sistema de fondeo. Colocar el instrumento de abajo hacia arriba. Revisar que la instalación del instrumento es correcta.
11. Si el sistema de fondeo se ha movido del punto original, marcar un nuevo punto de GPS en grados decimales (00.0000°), y hacer esa anotación en la bitácora.

3.3 SENSORES HOBO UA-001, U20 Y U22

Los sensores UA-001 y U22 miden temperatura y son de bajo costo. El modelo U20 mide temperatura y nivel del mar, y es de mediano costo. Todos estos modelos requieren poco mantenimiento y tiene una vida útil de tres a cinco años según su programación, por lo que resultan útiles para ser usados en zonas remotas. El HOBOT UA-001 tiene como ventaja que el usuario puede reemplazar la pila por su cuenta.

Estos dispositivos pueden configurarse para que tomen registros con diferentes intervalos de tiempo. Normalmente, para optimizar la duración de la pila y la capacidad de memoria, se configura para registrar cada 30 minutos. El proceso de mantenimiento, manejo, programación y cuidados, son muy similares para estos modelos. El programa de configuración y los pasos a seguir son los mismos.



Figura 6. A) Hobo UA-001, B) Hobo U22 y C) Hobo U20. Fotografía: COBI.



Figura 7. Materiales para mantenimiento de HOBOS. Fotografía: COBI.

3.3.1. Materiales para mantenimiento de HOBOS

- A.** Lanzadera para configuración y descarga de datos.
- B.** Coples para HOBOS según el modelo de este.
- C.** Cuchillo.
- D.** Pinza de corte.
- E.** Cinta de aislar.
- F.** Trapo para limpieza.
- G.** Cinchos de plástico.
- H.** Protectores de lectores de HOBOS.

3.3.2. Instrucciones para recuperación, limpieza, descarga de datos, programación o reprogramación e instalación.

Recuperación

1. Revisar el equipo necesario para recuperar el sensor antes de salir, para que no falte nada.
2. Recordar “Instrucciones” antes de salir, para asegurarse de que la tripulación entiende sus responsabilidades y la maniobra de operación. Es importante mencionar, que los instrumentos se deberán de manipular con mucho cuidado en todo momento.
3. Utilizar GPS para llegar al lugar de trabajo.
4. Dar instrucciones claras antes de iniciar el buceo para localizar el sistema de fondeo.
5. Mientras se desciende, revisar los puntos de conexión entre los cables o cabos del sistema de fondeo para asegurarnos que no están dañados.
6. Remover el HOBOT cortando los cinchos que lo sujetan.
7. Si el sistema de fondeo se ha movido del punto original, marcar un nuevo punto de GPS en grados decimales (00.0000°), y hacer esa anotación en la bitácora.
8. Es necesario llevar un control en bitácoras de campo, anotar profundidad de instalación, fecha de recuperación, hora en la que salió del agua el sensor, número de serie del instrumento, nombre de las personas que participaron, nombre del capitán, nombre del sitio, y nombre de la embarcación. Anotar algún hecho relevante durante la maniobra.

Limpieza

1. Retirar la cinta de aislar alrededor del instrumento.
2. Limpiar el sobrecrecimiento adherido al HOBOT. Si hay algas costrosas o balanos, colocar el instrumento en una solución de agua y vinagre blanco al 10% por un tiempo de 5 minutos aproximadamente, retirarlo del agua y continuar retirando el sobrecrecimiento. Esta operación se repite las veces que sea necesario.
3. Enjuagar el HOBOT con agua dulce y secar el instrumento.

Descarga de datos

1. Abrir software HOBOWare.
2. Ensamblar el HOBOT al cople y a la lanzadera, conectar la lanzadera a la computadora, en la parte inferior de la ventana del programa, indicará cuando lo reconozca.
3. Dar clic en el comando Parar Dispositivo.

4. Dar clic en el comando Leer Dispositivo. Se abrirá una ventana que indicará que se está leyendo la información.
5. Guardar el archivo con las siguientes instrucciones:

Número de serie de sensor _ Siglas del propietario/s del sensor _ Sitio _
 Año _ Número consecutivo de archivo.

EJEMPLO

Un instrumento con número de serie 1234567, recuperado por primera vez en 2022, entre una Cooperativa Pesquera y COBI, en el sitio conocido como El gallinero.

1234567 _ SCPP/COBI _ Elgallinero _ 2022 _ 01.hobo

Es importante no utilizar caracteres especiales (acentos, puntos o comas), y no cambiar la extensión del archivo (.hobo).

6. Dar clic en el comando Trazado y arrojará un gráfico. Si se desea se puede guardar como imagen o PDF.
7. Si se desea exportar el archivo en un formato distinto, dar clic en "Exportar datos de tabla", y seleccionar la extensión .csv o .xml.
8. Es necesario llenar la bitácora de descarga de datos con los siguientes datos:
 - a. Día de descarga de datos con el formato de DIA/MES/AÑO.
 - b. Nombre del sitio donde se recuperó el instrumento.
 - c. Número de serie del instrumento.
 - d. Hora en la que se está bajando la información con el formato de 24 horas.
 - e. Anotar del número de veces que se ha configurado o implementado el instrumento, el programa HOBOWare arroja el dato de manera automática.
 - f. Anotar el voltaje del instrumento a la hora de bajar la información.
 - g. GMT, del sitio de programación.
 - h. Anotar el nombre del archivo.
 - i. Tomar el nombre de las personas que bajaron la información.
 - j. Tomar notas que se consideren relevantes sobre el procedimiento.

Programación o reprogramación

1. Abrir el programa HOBOWare
2. Ensamblar el HOBOWare con el cople en la lanzadera y conectar a la computadora
3. Clic en el comando "Iniciar Dispositivo".
4. En la próxima ventana se deberá configurar el HOBOWare:

- a. Intervalo de registro: Es el periodo en el cual hará un registro. De esto dependerá la vida de la batería. Por lo general se usa 30 o 5 minutos.
- b. Iniciar registro: en esta sección se le indica cuando y en qué hora queremos que le sensor inicie el registro (inicio retardado)
- c. Dar clic en Inicio retardado. Hasta aquí, ya se configuró para que registre temperatura. Los datos que pudieran contener el HOBO se borran en automático, por lo que es importante guardar correctamente la información antes de la programación.

Instalación

1. Equipo y herramientas:
 - a. Sensor.
 - b. Cinta.
 - c. Cinchos de plástico.
 - d. Caja o bolsa seca para transportar instrumentos.
 - e. Pinzas de corte.
 - f. Cuchillo.
2. Asegurarse de que el instrumento ha sido configurado correctamente.
3. Debido a que se trabajará con instrumentos de precisión, es necesario informar a todos los participantes sobre las consideraciones específicas.
4. Recordar "Instrucciones", asignando responsabilidades.
5. Cargar todo el equipo a la embarcación.
6. Utilizando el GPS, llegar al sitio de trabajo.
7. Recordar las "Instrucciones" antes de buceo.
8. Entrar al agua e identificar el sistema de fondeo.
9. Colocar el HOBO en el muerto o en el cabo con boya ahogada, amarrándolo con cinchos de plástico de tal manera que quede bien asegurado. Rectificar que la instalación del instrumento es adecuada.
10. Si el sistema de fondeo se ha movido del punto original, marcar un nuevo punto de GPS en grados decimales (00.0000°), y hacer esa anotación en la bitácora.
11. Es necesario llenar la bitácora de descarga de datos con los siguientes datos:
 - a. Día de instalación del HOBO con el formato de DIA/MES/AÑO.
 - b. Hora en la que el instrumento entro al agua.
 - c. Profundidad en la que se está instalando el instrumento.
 - d. Latitud y longitud de instalación en grados decimales (00.0000°).
 - e. Nombre del sitio donde se instaló el instrumento.
 - f. Número de serie del instrumento.
 - g. Anotar el nombre de las personas que participaron en la maniobra.
 - h. Tomar notas que se consideren relevantes sobre el procedimiento.

3.4 CTD¹ (SBE 37-SMP-ODO MICRO CAT)

Este tipo de sensores están diseñados para registrar datos de conductividad, temperatura, salinidad y oxígeno disuelto.



Figura 8. CTD instalado sobre cable de acero inoxidable. **Fotografía:** Hopkins Marine Station (Universidad de Stanford).

¹ Conductivity, Temperature, and Depth (CTD por sus siglas en inglés).



Figura 9. Elementos para instalacion, descarga y reprogramacion de sensor tipo (SBE PN AF24173). Fotografía: COBI.

3.4.1. Materiales para mantenimiento de CTD

- A.** Cable para conectar el sensor a la computadora.
- B.** Tornillos y tuercas de acero inoxidable de repuesto.
- C.** Adaptador USB a serie.
- D.** Desarmador o destornillador con punta de cruz.
- E.** Desarmador o destornillador con punta de tuerca.
- F.** Lubricante y sellador de válvulas.
- G.** Sensor CTD (SBE PN AF24173).
- H.** Arnés de Acero inoxidable, para el modelo (SBE PN AF24173).
- I.** Conector tipo dummy.
- J.** Cinchos de Plástico.
- K.** Toallas para limpiar.
- L.** Llaves tipo Allen 9/64 para la carcasa exterior (comprar la pieza).
- M.** Llave Allen para quitar la batería (viene con el sensor).
- N.** Tapones de admisión.
- O.** Multímetro para revisar la corriente de las baterías.sensor.
- P.** Bolsas de gel de sílice.
- Q.** Baterías que utiliza el sensor.
- R.** Kits de piezas de repuesto.
- S.** Manual del sensor.
- T.** Cinta aislante para forrar y proteger el sensor.
- U.** Desarmador o desatornillador de punta plana.
- V.** Cepillo para limpiar el sensor.

3.4.2. Instrucciones para recuperación, limpieza, descarga de datos, programación o reprogramación e instalación.

Recuperación

1. Equipo necesario:
 - a. Pinzas de corte.
 - b. Desarmador con cabeza de tuerca (medida 3/8).
 - c. Llave inglesa.
 - d. Desarmador plano.
 - e. Jaba o bolsa de tela para herramientas (chica y grande, si es necesario).
2. Recordar “instrucciones” antes de salir para asegurarse de que la tripulación entiende sus responsabilidades. Es importante mencionar, que los instrumentos se deberán de manipular con mucho cuidado en todo momento.
3. Utilizar GPS para llegar al lugar de trabajo.
4. Dar instrucciones claras antes de iniciar el buceo para localizar el sistema de fondeo.
5. Mientras se desciende, revisar los puntos de conexión entre los cables o cabos del sistema de fondeo para asegurarnos que no están dañados.
6. Con ayuda de las herramientas necesarias, remover el instrumento y colocar en la jaba correspondiente.
7. Es necesario llevar un control en bitácoras de campo, anotar profundidad, fecha, hora en que se sacó el instrumento y número de serie de cada instrumento recuperado.
8. Los instrumentos pueden ser colocados en una cubeta con agua salada durante el transporte hacia el punto de descarga de datos.
9. Si el sistema de fondeo se ha movido del punto original, marcar un nuevo punto de GPS en grados decimales (00.0000°), y hacer esa anotación en la bitácora..

Limpieza

1. Colocar en agua dulce para enjuagar.
2. Con un cepillo, quitar las algas del aparato excepto en el PIN del instrumento, para evitar dañarlo.
3. Para limpiar la zona del PIN, puede ser útil un cincho de plástico, pero se debe de tener mucho cuidado de no dañar el PIN.
4. Para el resto del aparato quitar la cinta aislante que lo cubre (cinta aislante amarilla).

- 5. Si hay algas costrosas o balanos, colocar el instrumento en una solución de agua y vinagre blanco al 10% por un tiempo de 5 minutos aproximadamente, lo retiras del agua y continúas retirando el sobrecimiento. Esta operación la repites las veces que sea necesario.
- 6. Una vez limpio el instrumento, se remoja una vez más en agua limpia y se seca.

Descargar de datos

IMPORTANTE: Antes de comenzar a trabajar, es necesario verificar que la fecha y hora de la computadora coincide con la hora local. Además, es necesario abrir un “Bloc de notas”, por instrumento, donde iremos poniendo información a lo largo de la descarga. Este archivo deberá llamarse “Notes_on_nombre descrito en el numeral 14.txt”.

- 1. Asegurarse de que el instrumento está seco y ha sido limpiado.
- 2. Conectar el cable C-1305 a la computadora.
- 3. Remover cuidadosamente el chupón negro en la base del instrumento.
- 4. Secar los PIN.
- 5. Conectar el cable al instrumento.
- 6. Abrir el Software SeaTermV2.
- 7. En “Instrumentos”, seleccionar SBE 37 RS232.
- 8. Permitir que la ventana de comandos cargue, si la batería del instrumento está baja, puede haber problemas de conexión. En este caso, se recomienda utilizar una batería de 9 voltios (cuadrada) para suministrar energía durante la comunicación. También es factible aprovechar y cambiar las baterías del instrumento.
- 9. En la ventana de comandos, escribir “ds” y dar Enter.
- 10. Copiar todas las líneas al “Bloc de Notas” correspondiente.
- 11. Asegurarse de que diga “logging”.
 - a. Si no indica esto, anotar en bitácora.
 - b. Escribir “stop” y dar Enter.
 - c. Si dice <Error type=’Not Allowed’ message=’ command only allowed while logging’, no hay problema.
 - d. Si dice “not allowed...” , ingresar el comando “stop” varias veces.
- 12. Escribir “ds” y dar Enter.
 - a. Revisar que diga “not logging”.
- 13. Dar clic en “Upload” en la barra de menú.
- 14. Nombrar el archivo con el siguiente formato.

Año Mes Día País Localidad Sitio Metros sobre el fondo
Profundidad aproximada del instrumento Nombre del instrumento
Número de serie del instrumento

EJEMPLO

Un instrumento retirado el 5 de enero del 2015, en Isla Natividad, en Punta Prieta y que se encontraba a 1 metro sobre el fondo y en un anclaje a 18 metros de profundidad, se nombraría de la siguiente manera:

2015_01_05_Mexico_IslaNatividad_Puntaprieta_1MAB_18m_SBE57_SN10324.xml

Es importante no utilizar caracteres especiales (acentos, puntos o comas). El formato deberá de ser IGUAL para todos los archivos (*.xml *.xmlcom *.cnv *.csv).

15. Dar clic en Guardar.
16. Se abrirá el "Data Menu".
 - a. Formato "Binary" (descarga más rápido).
 - b. El "Block size" predeterminado es (100000).
 - c. Seleccionar "All data as a single file".
 - d. Clic en "Upload".
 - e. Puede tomar varios minutos.
17. Ya tenemos la información en un formato, pero ahora hace falta convertirla.
18. Abrir el software SBEDataProcessing-Win32.
 - a. En la barra de menú, dar clic en "Run".
 - b. Dar clic en la opción 1 ("Data Conversion") para convertir datos.
 - c. Aparecerá un mensaje diciendo que todo está bien ("This is an OK message"), dar clic en OK.
 - d. Se abrirá el menú del convertidor de datos.
 - e. Ir a la línea que dice "Instrument configuration file", y dar clic en "Select".
 - f. Asegurarse de seleccionar el archivo correspondiente al anclaje cargado.
 - g. Los archivos de configuración están en formato *.xmlcon.
 - h. Dar clic en "Open" para ingresar el archivo.
 - i. Ahora hay que seleccionar el(los) archivo(s) a convertir.
 - j. En la sección "Input Files" dar clic en "Select" y seleccionar el correspondiente.
 - k. Los archivos de entrada están en formato *.hex.
 - l. En la parte superior, seleccionar la pestaña que dice "Data Setup".
 - m. Dar clic en el botón que dice "Select Output Variables".
 - n. Para seleccionar variables, dar clic en el botón (+) a la izquierda de cada variable, después en el formato requerido y luego en el botón "Add25. En el siguiente orden, seleccionar:

- o.** "Time, Instrument" "Julian Days"
- p.** "Temperature" "ITS90" "deg C"
- q.** "Oxygen SBE 63" "mg/l"
- r.** Pressure, strain gauge" "db"
- s.** "Salinity, Practical (PSU)"
- t.** "Conductivity" "mS/cm"
- u.** Clic en OK.
- v.** Regresará a la ventana anterior
- w.** Dar clic en "Start Process".
- x.** Después de unos segundos, se tendrá un archivo en formato *.cnv
- y.** Se pueden ver los datos en el software SBEDataProcessing-Win32 y la opción Sea plot.
- z.** Al terminar, copiar y pegar todas las líneas de comando en el bloc de notas.

Programación o reprogramación

- 1.** Escribir "ds" y dar "Enter".
- 2.** El intervalo de muestras debe de ser de 600 s.
- 3.** La frecuencia mínima de conductividad debe de ser 500.
- 4.** Asegurarse de que la computadora tiene la fecha y hora locales
 - a.** Dar clic en "General Setup" y luego en "Set Date and Time".
 - b.** Llenar los valores y luego dar clic en "Execute".
 - c.** Algunas veces, dirá que el comando es inválido ("Invalid Command").
 - d.** De ser así, repetir los pasos anteriores las veces necesarias.
 - e.** SBE 63 ODO Sensor and Setup.
 - f.** Escribir "ds" y luego dar "Enter".
 - g.** Asegurarse de que "Baud rate" sea 2400 (si no, cambiar utilizando la guía incluida).
 - h.** Muestreo autónomo (logging).
 - i.** Ajustar intervalos en 600 y dar clic en "Execute".
 - j.** Ajustar fecha y hora de inicio retrasada "delayed Start Date and Time" y ejecutar.
 - k.** Dar clic en "Start Logging when specified by Start Date".
 - l.** Revisar mensaje en línea de comando, debe de decir: "!—start logging at = ...".
 - m.** Si no aparece el mensaje, repetir pasos anteriores.
 - n.** Corroborar con "ds".
 - o.** Copiar y pegar todos los comandos en el bloc de notas correspondiente.

Instalacion

- 1.** Equipo y herramientas:
 - a.** Sensor.
 - b.** Abrazadera de acero inoxidable.
 - c.** Cinta.
 - d.** Cinchos de plástico.
 - e.** Pinzas de corte.
 - f.** Desarmador con cabeza de tuerca.
 - g.** Llave inglesa.
 - h.** Desarmador plano.
 - i.** Jaba o bolsa para herramientas (chica o grande).
- 2.** Asegurarse de que el instrumento ha sido configurado correctamente.
- 3.** Debido a que se trabajará con instrumentos de precisión, es necesario informar a todos los participantes sobre las consideraciones específicas.
- 4.** Recordar las “instrucciones a los participantes, asignando responsabilidades.
- 5.** Cargar todo el equipo a la embarcación.
- 6.** Utilizando el GPS, llegar al lugar de trabajo.
- 7.** Recordar las “instrucciones” antes del buceo.
- 8.** Entrar al agua e identificar el sistema de fondeo.
- 9.** Al descender, revisar puntos de conexión del cable de acero o cabo del sistema de fondeo.
- 10.** Instalar el instrumento de abajo hacia arriba.
- 11.** Verificar que la instalación del instrumento es correcta.
- 12.** Si el sistema de fondeo se ha movido del punto original, marcar un nuevo punto de GPS en grados decimales (00.0000°), y hacer esa anotación en la bitácora.

3.5 PERFILADOR ACÚSTICO DOOPLER DE CORRIENTES - ADCP² (O ADP)

Es un instrumento hidro acústico que se utiliza para medir velocidad y corrientes de agua en un rango determinado de profundidad. La información que recoge este sensor es útil para realizar estudios oceanográficos. Este instrumento puede permanecer periodos largos de tiempo bajo el agua, sin embargo, el factor limitante es la vida útil de la batería.

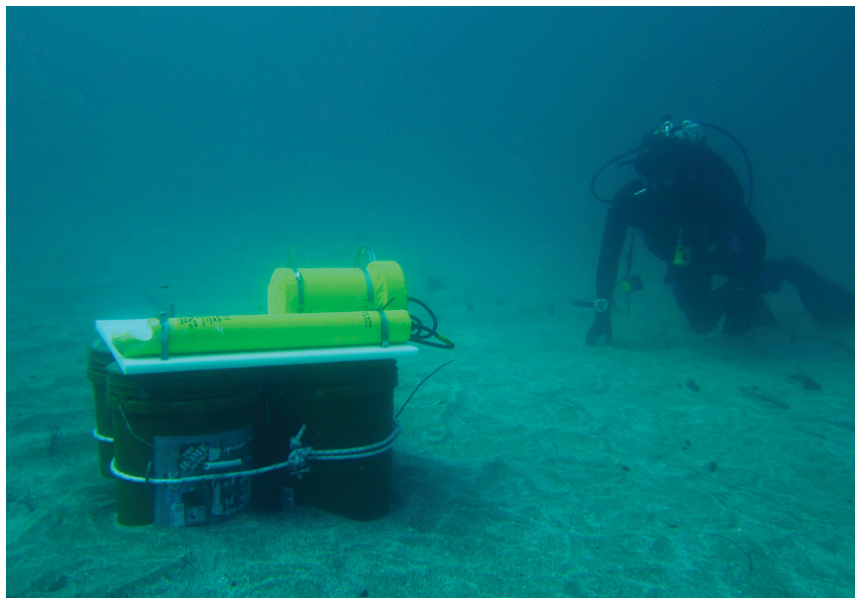


Figura 10. Perfilador Acústico de Corrientes (ADCP) es el sensor tubular alargado que está sobre los anclajes o "muertos". **Fotografía:** Hopkins Marine Station (Universidad de Stanford).

3.5.1. Instrucciones para recuperación, limpieza, descarga de datos, programación o reprogramación e instalación.

Recuperación

1. Equipo necesario:
 - a. Pinza de corte.
 - b. Desarmador con cabeza de tuerca (medida 3/8).
 - c. Llave inglesa.
 - d. Desarmador plano.
 - e. aba o bolsa de herramientas (chica o grande). Jaba o bolsa para herramientas (chica o grande).

2. Recordar “instrucciones” antes de salir para asegurarse de que la tripulación entiende sus responsabilidades. Es importante mencionar, que los instrumentos se deberán de manipular con mucho cuidado en todo momento.
3. Utilizar GPS para llegar al lugar de trabajo.
4. Recordar “instrucciones” antes del buceo.
5. Entrar al agua e identificar el sistema de fondeo.
6. Mientras se desciende, revisar los puntos de conexión entre los cables o cabos del sistema de fondeo para asegurarnos que no están dañados.
7. Remover el instrumento con las herramientas necesarias, y colocarlo en la jaba correspondiente.
8. Es necesario llevar un control en bitácoras de campo, anotar profundidad, fecha, hora en que se sacó el instrumento y número de serie de cada instrumento recuperado.
9. Los instrumentos pueden ser colocados en una cubeta con agua salada durante el transporte hacia el punto de descarga de datos.
10. Si el sistema de fondeo se ha movido del punto original, marcar un nuevo punto de GPS en grados decimales (00.0000^º), y hacer esa anotación en la bitácora.

Limpieza

1. Colocar en agua dulce para enjuagar.
2. Con un cepillo, quitar las algas del aparato excepto en el PIN del instrumento, para evitar dañarlo.
3. Para limpiar la zona del PIN, puede ser útil un cincho de plástico, pero se debe de tener mucho cuidado de no dañar el PIN.
4. Para el resto del aparato quitar la cinta aislante que lo cubre (cinta aislante amarilla).
5. Si hay algas costosas o balanos, colocar el instrumento en una solución de agua y vinagre blanco al 10% por un tiempo de 5 minutos aproximadamente, lo retiras del agua y continúas retirando el sobrecimiento. Esta operación la repites las veces que sea necesario.
6. Una vez limpio el instrumento, se remoja una vez más en agua limpia y se seca.

Descargar de datos

1. Asegurarse de que el instrumento este limpio y seco.
2. Conectar el cable de comunicación a la computadora.
3. Cuidadosamente, retira el chupón negro localizado en el extremo opuesto al cabezal de sensor (ojos negros).

4. Limpiar con alcohol isopropílico los pines y las hendiduras del chupón
5. Conectar el cable de comunicación al ADP.
6. Abrir el programa Aquapro.
7. Esperar a que el programa detecte el instrumento.
8. Deberá salir un mensaje preguntando si queremos que pare la medición de datos, dar clic en sí. Después debe de salir un mensaje indicando que el aparato ya está conectado, también aparece que versión es, dar clic en ok.
9. Para descargar los datos debemos dar clic en “recorder data retrieval”.
10. Se abrirá una ventana y seleccionamos los datos que queremos descargar.
11. Dar clic en download.
12. Saldrá un mensaje que dirá “data retrieval reading data”.
13. Al finalizar, saldrá el siguiente mensaje “data saved” dar clic en download.
14. Se genera un archivo PRF, que será necesario guardarlo con las siguientes instrucciones:

Año	Mes	Día	País	Localidad	Sitio	Metros	sobre	el	fondo
Profundidad aproximada del instrumento						Nombre del instrumento			
Número de serie del instrumento									

EJEMPLO

Un instrumento retirado el 5 de enero del 2015, en Isla Natividad, en Punta Prieta y que se encontraba a 1 metro sobre el fondo y en un anclaje a 18 metros de profundidad, se nombraría de la siguiente manera:

2015	01	05	Mexico	IslaNatividad	Puntaprieta	1MAB	18m	SBE57	SN10324.xml
------	----	----	--------	---------------	-------------	------	-----	-------	-------------

Es importante no utilizar caracteres especiales (acentos, puntos o comas). El formato deberá de ser IGUAL para todos los archivos (*.xml *.xmlcom *.cnv *.csv).

Programación o reprogramación.

1. Asegurarse que se le dio el debido mantenimiento al instrumento (limpieza exterior, limpieza de O-ring, baterías nuevas).
2. Realizar conexión con el instrumento Aquapro.
3. Ahora en el menú, dar clic en “deployment, - start recorder deployment”.
4. Se abrirá la ventana deployment.

5. Indicar la fecha y hora para que el instrumento se encienda y comience a medir.
6. Indicar el nombre del anclaje el cual se utilizará para generar el archivo de datos.
7. En comentarios escribir el lugar donde se va a anclar, si es de medición larga (meses, años, long term) o medición corta (día, short term) y la fecha día mes año.
8. Dar clic en ok.
9. Cambiar el nombre del archivo generado de la siguiente forma.

Instalación

1. Equipo y herramientas:
 - a. Sensor.
 - b. Abrazadera de acero inoxidable.
 - c. Cinta.
 - d. Cinchos de plástico.
 - e. Pinzas de corte.
 - f. Desarmador con cabeza de tuerca.
 - g. Llave inglesa.
 - h. Desarmador plano.
 - i. Jaba o bolsa para herramientas (chica o grande).
2. Asegurarse de que el instrumento ha sido configurado correctamente.
3. Debido a que se trabajará con instrumentos de precisión, es necesario informar a todos los participantes sobre las consideraciones específicas.
4. Recordar las “instrucciones a los participantes, asignando responsabilidades.
5. Cargar todo el equipo a la embarcación.
6. Utilizando el GPS, llegar al lugar de trabajo.
7. Recordar las “instrucciones” antes del buceo.
8. Entrar al agua e identificar el sistema de fondeo.
9. Al descender, revisar puntos de conexión del cable de acero o cabo del sistema de fondeo
10. Instalar el instrumento con las herramientas necesarias.
11. Verificar que la instalación del instrumento es correcta.
12. Si el sistema de fondeo se ha movido del punto original, marcar un nuevo punto de GPS en grados decimales (00.0000°), y hacer esa anotación en la bitácora.

4

INSTRUMENTOS PARA MEDIR VARIABLES ACÚSTICAS

4.1 HIDRÓFONO TIPO SNAP PARA MONITOREO ACÚSTICO PASIVO

Los hidrófonos son sensores acústicos que permiten el monitoreo pasivo, incorporando micrófonos que detectan y registran las ondas de sonido. El uso de estos sensores para el estudio de Agregaciones Reproductivas de Peces (ARP) permite obtener información más detallada sobre la ubicación, movimiento y comportamiento de los peces en las ARPs a partir de los sonidos que emiten en el agua. Es posible que no todos los peces emitan sonidos al momento de agregarse, por lo que se deberá valorar el uso de esta herramienta según la especie. Este sensor tiene un diseño compacto y funciona con pilas alcalinas tipo D, con una autonomía de grabación de sonidos de hasta 190 días (Tabla III).

El equipo a emplear incluye un sensor acústico modelo SNAP, que está formado por tres elementos principales: i) el hidrófono, que detecta los sonidos que emiten los peces; ii) la carcasa, que le permite sumergirse hasta 500 metros de profundidad; y iii) la tarjeta madre, que permite la configuración de grabación y descanso, así como el almacenamiento de los archivos en una tarjeta microSD con capacidad de almacenamiento de hasta 128 GB.

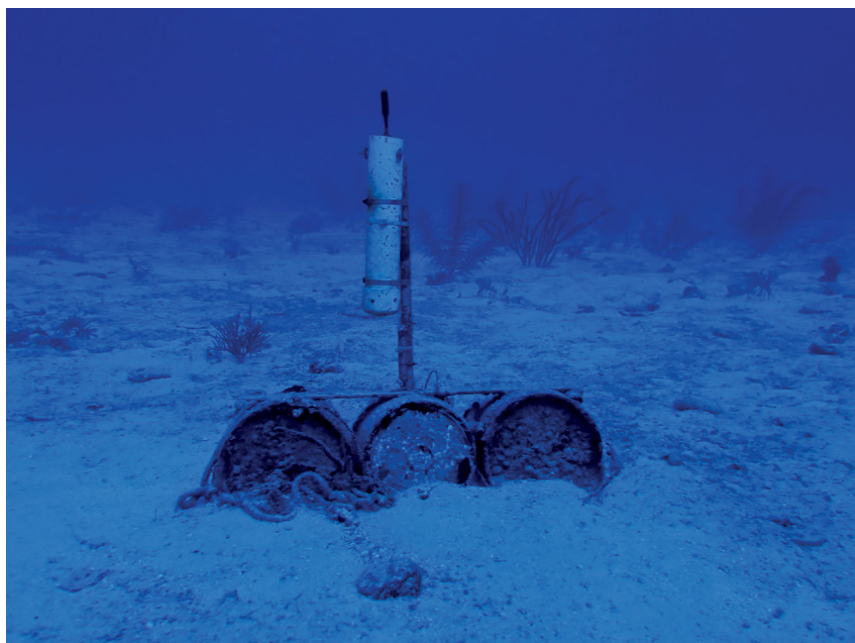


Figura 11. Hidrófono instalado en sitio de agregación de desove de mero. Fotografía: COBI

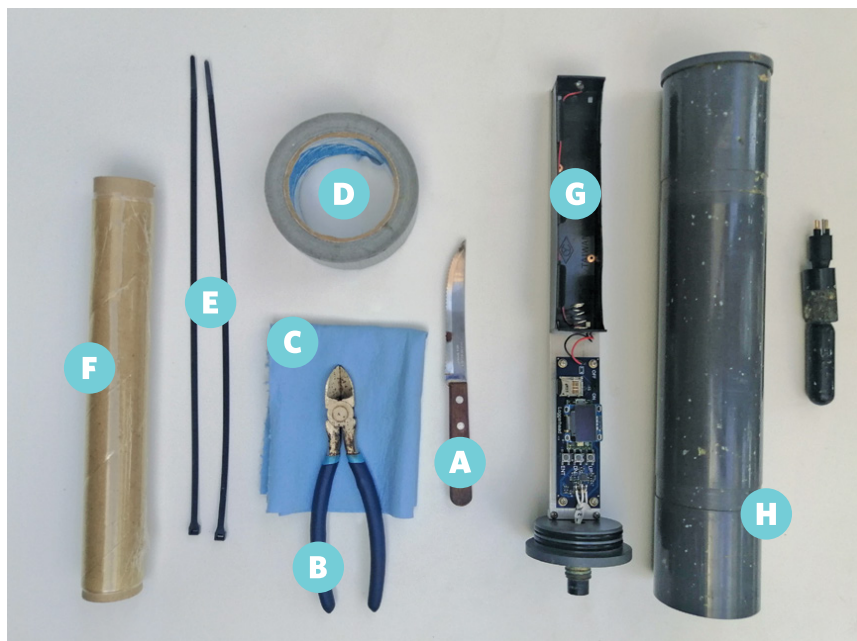


Figura 12. Componentes del sensor acústico modelo SNAP. Fotografía: COBI

4.1.1. Materiales para mantenimiento del hidrófono modelo SNAP³

- A. Cuchillo.
- B. Pinza de corte.
- C. Trapo para limpieza.
- D. Cinta gris.
- E. Cincho de plástico.
- F. Papel transparente.
- G. Hidrófono.
- H. Carcasa del hidrófono.

4.1.2. Instrucciones para recuperación, limpieza, descarga de datos, programación o reprogramación e instalación.

Recuperación

1. Equipo necesario.
 - a. Pinza de corte.
 - b. Jaba o bolsa de tela para transportar el instrumento.
 - c. Cuchillo.
 - d. Llave española para retirar pasante.

³ SNAP se refiere al modelo que el fabricante designó para el hidrófono.

2. Recordar “instrucciones” antes de salir para asegurarse de que la tripulación entiende sus responsabilidades. Es importante mencionar, que los instrumentos se deberán de manipular con mucho cuidado en todo momento.
3. Utilizar GPS para llegar al lugar de trabajo.
4. Recordar “instrucciones” antes del buceo.
5. Entrar al agua e identificar el sistema de fondeo.
6. Remover el instrumento del CASE que sostiene el hidrófono retirando el pasante, o cortando el cinco de plástico si esta colocado en un cabo de seda.
7. Es necesario llevar un control en bitácoras de campo, anotar profundidad, fecha, hora en que se sacó el instrumento, nombre de hidrófono, nombre de los participantes y nombre de la embarcación.
8. Si el sistema de fondeo se ha movido del punto original, marcar un nuevo punto de GPS en grados decimales (00.0000°), y hacer esa anotación en la bitácora.
9. El hidrófono no se abre estando en la embarcación, para evitar que la humedad y el salitre entren a la tarjeta madre.

Limpieza del instrumento

1. Colocar en agua dulce para enjuagar.
2. Limpiar la el micrófono en la parte superior del sensor, hacer esto con cuidado para no dañarlo.
3. Retirar la cinta o el papel transparente del cuerpo del hidrófono y continuar con la limpieza.
4. Una vez limpio el instrumento, se remoja una vez más en agua limpia y se seca.
5. Abrir el hidrófono y colocar el interruptor en la posición off.

Descarga de datos

1. Abrir el hidrófono por la parte superior, se jala con cuidado hasta que el círculo donde está colocado el hidrófono se separa del cuerpo.
2. Se retira la tarjeta de memoria microSD (presionar una vez en versión 1.0, jalar en versión 2.2).
3. Se coloca en un adaptador para poder introducirlo en el puerto USB de la computadora.
4. Una vez que la computadora detecta la memoria, el procedimiento es muy sencillo, solamente hay que seleccionar las carpetas de archivos en la memoria, dar clic con el botón izquierdo del ratón y seleccionar el comando copiar.

5. Nos dirigimos a la dirección donde lo queramos almacenar, y damos clic nuevamente con el botón izquierdo del ratón y seleccionamos el comando pegar.
6. Se recomienda respaldar en diferentes equipos la información.
7. Es recomendable hacer una revisión de archivos, con la finalidad de determinar la cantidad de archivos generados, tomando en cuenta la fecha de instalación y la fecha de extracción para verificar que existan la cantidad adecuada de estos.
8. También se debe reproducir de manera aleatoria algunos archivos, solo serán necesarios dar doble clic sobre el archivo con el botón derecho de ratón.

Programación o reprogramación

Para el modelo de hidrófono SNAP se presentan dos versiones de tarjeta madre (1.0 y 2.2), aunque la segunda versión tiene una manera diferente de distribuir los botones en comparación con la primera, y en la pantalla se visualizan diferentes datos, en ambos casos, el proceso de configuración es igual. Además en la versión SNAP2.2, permite ajustar la frecuencia en khz. En este caso, se configurará a la frecuencia 44.1 khz.

1. Formatear la memoria microSD según las recomendaciones del fabricante.
2. Colocar el hidrófono, insertando los PIN en la posición correcta, empujar el micrófono y asegurarlo con la rosca en la base de este.
3. Colocar las baterías alcalinas y mover el interruptor en la posición ON. La pantalla debe encenderse.
4. Presionar el botón enter una vez, para activar la modalidad de cambiar ajuste.
5. Presionar enter de nuevo y aparecerá la modalidad REC, que es el tiempo de grabación, ajustar este dato con los botones UP y DN. Es recomendable ajustarlo 20 segundos de grabación.
6. Presionar enter de nuevo y aparecerá la modalidad SPL, que es el tiempo de descanso, ajustar el intervalo con los botones UP y DN. Se recomienda configurar 300 de descanso.
7. Presionar enter de nuevo y aparecerá la modalidad YEAR (años). Ajustar el año actual con los botones UP y DN.
8. Presionar enter de nuevo y aparecerá la modalidad MONTH (mes). Ajustar el mes actual con los botones UP y DN.
9. Presionar enter de nuevo y aparecerá la modalidad DAY (día). Ajustar el día actual con los botones UP y DN.

- 10. Presionar enter de nuevo y aparecerá la modalidad HOUR (hora). Ajustar la hora actual con los botones UP y DN.
- 11. Presionar enter de nuevo y aparecerá la modalidad MINUTE (minuto). Ajustar los minutos con los botones UP y DN.
- 12. Presionar enter de nuevo y aparecerá la modalidad SECOND (segundos). Ajustar los segundos con los botones UP y DN.
- 13. Al finalizar el recomendable repetir los pasos del 4 al 11 para verificar que los datos de configuración son correctos
- 14. Presionar los botones UP y DN al mismo tiempo por un par de segundos, para iniciar la grabación. En la pantalla aparecerá una leyenda que dirá cuando se realizará la siguiente grabación.
- 15. En la parte superior del hidrófono encenderá un led color rojo que indicará que esta activado.
- 16. Lubricar el O-ring y cerrar el hidrófono con cuidado.

Tabla I. *Intervalos de grabación del sensor acústico según las especificaciones del fabricante*

Modalidad/ intervalo	Periodo de grabación (segundos)	Periodo de descanso (segundos)	Días
Continuo (archivos de 60 minutos)	300	0	8
5 minutos, cada 10 minutos	300	300	16
2 minutos, cada 10 minutos	120	480	40
1 minuto, cada 10 minutos	60	540	80
10 segundos, cada 10 minutos	10	590	190

Instalación o reinstalación

- 1.** Equipo y herramientas:
 - a.** Hidrófono.
 - b.** Cinta.
 - c.** Cinchos de plástico.
 - d.** Pinzas de corte.
 - e.** Pasante
 - f.** Llave para pasante
 - g.** Jaba o bolsa para herramientas (chica o grande).
- 2.** Asegurarse de que el instrumento ha sido configurado correctamente.
- 3.** Debido a que se trabajará con instrumentos de precisión, es necesario informar a todos los participantes sobre las consideraciones específicas.
- 4.** Recordar las “instrucciones” a los participantes, asignando responsabilidades.
- 5.** Cargar todo el equipo a la embarcación.
- 6.** Utilizando el GPS, llegar al lugar de trabajo.
- 7.** Recordar las “instrucciones” antes del buceo.
- 8.** Entrar al agua e identificar el sistema de fondeo.
- 9.** Insertar el hidrófono en el CASE y colocar el pasante, o amarrar el hidrófono con cinchos de plástico en la línea principal del sistema de fondeo, según el sistema de fondeo empleado.
- 10.** Verificar que la instalación del instrumento es correcta.
- 11.** Si el sistema de fondeo se ha movido del punto original, marcar un nuevo punto de GPS en grados decimales (00.0000°), y hacer esa anotación en la bitácora.

5

**INSTRUMENTOS
PARA MEDIR
VARIABLES DE
CONECTIVIDAD
GENÉTICA**

5.1 ADN AMBIENTAL

En el mar todos los seres vivos liberan material genético o ADN al ambiente a través de sus heces fecales, escamas o cuando se reproducen o mueren, a este material genético se le conoce como ADN ambiental. El ADN nos sirve para distinguir entre una especie y otra, como si fuera un código de barras en el súper mercado. Para poder tener este ADN, se puede tomar una muestra de agua o tejido del cuerpo de un pez, y extraer moléculas y células que tienen la información genética. Este proceso se hace en un laboratorio donde se aísla el ADN de la muestra recolectada.

En las muestras de agua, podemos encontrar una mezcla de material genético de muchas especies que se encontraban en el área al momento de recolectar el agua. Con una reacción química conocida como PCR⁴, se pueden aislar moléculas de una o varias secciones del ADN para un grupo de especies, por ejemplo, peces o moluscos. Una de las ventajas de usar ADN ambiental, es que complementa la información generada con otros métodos de monitoreo, como los censos visuales o el monitoreo acústico. El análisis de las muestras lo hace un especialista en laboratorio, por lo tanto, el presente manual, solo explica el método para la recolección de muestras, filtrado y preservación de las mismas.

Complementario al ADN colectado del agua de mar, se pueden tomar muestras de tejido de especies de interés comercial. Estos peces pueden ser lo que han sido atrapados por los pescadores locales fuera de las temporadas de veda, de esta manera podremos comparar su genoma con el colectado en el ADN extraído del agua, y trazar el parentesco de los individuos atrapados con los integrantes de la agregación. Ambas metodologías fueron diseñadas de tal manera que los hombres y mujeres de las comunidades costeras, puedan participar en la fase de recolección y preservación.

4 Polymerase Chain Reaction. Reacción en cadena de la polimerasa. Es una técnica de laboratorio que permite amplificar pequeñas muestras de ADN, facilitando su análisis.



Figura 13. Filtros con ADN, listos para ser enviados a análisis. Fotografía: COBI.



Figura 14. Materiales para colecta de agua. Fotografía: COBI.



Figura 15. Materiales para proceso de filtrado de agua colectada. **Fotografía:** COBI.

5.1.1. Colecta de ADN ambiental por medio de agua de mar

Previo a la toma de muestras de agua, los recipientes donde se va a coleccionar la muestra deben estar limpios y sin rastro de ADN de otro lugar, por lo que se deben limpiar con el proceso que se describe a continuación:

Desinfección de materiales para colecta

Nota: El método de desinfección descrito a continuación, aplica para la colecta de agua con buceo como y con botella Niskin.

1. Material necesario:
 - a. Cloro.
 - b. Botes tipo Nalgen de 1 litro de capacidad.
 - c. Recipiente graduado para medir el cloro.
 - d. Recipiente de 30 litros de capacidad.
 - e. Agua.
2. A cada frasco se le agregan 100 ml de cloro de cualquier marca y 900 ml de agua.
3. Esperar 15 minutos para que la solución de 10% cloro 90 % agua degrade cualquier rastro de ADN que se aloje en el frasco. Reservar el agua de cloro.
4. Pasado el tiempo de desinfección, enjuagar los frascos al menos cinco veces con agua limpia, al final dejar lleno de agua limpia el frasco.
5. Los frascos se deben etiquetar con la clave del nombre del sitio y el número de muestra. Ejemplo, NH-01, que corresponde al sitio Niche Habin, numero de muestra 1.
6. Con el agua de color reservada desinfectar la parte interior de la botella Niskin con el procedimiento descrito en el numeral 2 y 3 sin dejar agua limpia en la botella Niskin.

Colecta de muestras de agua

Las muestras de agua se pueden coleccionar en superficie, media gua o cerca del fondo, según el objetivo. Los pasos siguientes describen la colecta que puede ser aplicada a media agua o cerca del fondo, con buceo autónomo o con el uso de una botella Niskin.

Con buceo autónomo

- 1.** Material necesario
 - a.** Frascos de agua de plástico de un litro de volumen.
 - b.** Red transportadora.
 - c.** Segunda etapa de emergencia (octopus).
- 2.** Los frascos son sumergidos por el buzo a la profundidad de colecta deseada. Los frascos para muestra deben de ir llenos de agua, ya que debido a la presión a la que van a ser sometidos, si llevaran aire adentro este es compresible y el frasco podría romperse.
- 3.** Los frascos deben ser transportados en una red.
- 4.** Una vez en el sitio de colecta, se destapa el primer frasco de muestra y se coloca con la boca del recipiente mirando hacia el fondo del mar (de cabeza), se debe sujetar fuertemente y con la segunda etapa del regulador (octopus) se le inyecta aire hasta que este desplace por completo el agua contenida en el bote.
- 5.** Una vez que el frasco contenga solo aire, se voltea a la posición con la boca apuntando hacia arriba y el agua del mar inundará inmediatamente el frasco, se le coloca la tapa y se regresa a la red.
- 6.** Se recomienda llenar los siguientes frascos en un punto distinto de la misma zona para que las muestras de agua sean representativas del sitio.
- 7.** Durante la transportación del sitio de colecta al sitio de filtrado, las botellas se deberán colocar a la sombra, para evitar acelerar la degradación del ADN.

Con botella Niskin

- 1.** Material necesario:
 - a.** Botella Niskin de 5 litros de capacidad.
 - b.** Mensajero de 29 onzas.
 - c.** Cabo de poliéster de 1/4".
 - d.** Botes 1 litro.
 - e.** Guantes.
 - f.** Plomos. Segunda etapa de emergencia (octopus).
- 2.** Se coloca la línea madre (cabo de poliéster) en la botella Niskin, marcando la distancia de muestreo, que será la profundidad de colecta.
- 3.** Se coloca un peso en la parte interior de la línea madre con el objeto de mantener vertical la botella Niskin.
- 4.** Se arma la botella Niskin según las indicaciones del fabricante para el proceso de colecta de agua.
- 5.** Se introduce la botella Niskin a la profundidad de colecta.
- 6.** Se deja caer el mensajero a través de la línea madre para activar el dispositivo de cierre de la botella Niskin.

7. Se saca la botella Niskin del agua y se extrae un litro de agua que se colecta en el bote marcado con el número 1.
8. Se repite la colecta dos veces mas para tener tres muestras de un litro por cada sitio.

Filtrado de muestras de agua

Una vez teniendo las muestras de agua, se necesita coleccionar el material genético que viene ahí y fijarlo para poder trasladarlo al laboratorio. Es importante realizar este paso en las siguientes tres horas después de la colecta del agua, para que la actividad biológica no descomponga las muestras. Se deberán filtrar las muestras colectadas y la muestra control que es el agua con la que se llenan los frascos para llevarlos a campo.

1. Material necesario:
 - a. Filtros para moléculas de ADN de 0.45 micras.
 - b. Jeringas de 60 ml.
 - c. Papel aluminio como superficie estéril.
 - d. Guantes estériles.
 - e. Cloro.
2. El filtrado del agua se describe a continuación aplica para ambos métodos de colecta.
 - a. Colocarse los guantes estériles y limpiar con cloro la superficie en la cual se va a trabajar.
 - b. Se coloca una hoja de papel aluminio del tamaño suficiente para que todos los insumos se puedan colocar ahí.
 - c. Se selecciona la primera botella de agua y se introduce el agua en la jeringa de 60 ml.
 - d. Se coloca el filtro en la jeringa y se expulsa el agua de la jeringa presionando el pistón y filtrando el material genético.
 - e. Se repite esta operación hasta filtrar completamente el litro de agua, aproximadamente se tiene que repetir 20 veces, conforme el agua se va filtrando la malla interna del filtro se comienza a saturar, por lo que se necesitará poner más presión en el pistón de la jeringa para que el agua atraviese el filtro.

Preservación de la muestra

En esta sección se describen dos opciones de preservación de muestra que han sido utilizadas para preservar ADN ambiental de sitios de agregaciones reproductivas de peces, y que han sido propuestas por el Dr. Adrian Mungia-Vega.

Preservación con Buffer fijador

1. Material necesario:
 - a. Jeringas de 5 ml
 - b. Buffer fijador de solución salina
 - c. Papel Parafilm
 - d. Guantes
2. Una vez filtrada toda la muestra de agua, se ponen 3 ml del buffer en la jeringa de 5 ml y se coloca 1.5 ml de buffer en el filtro, de esta manera el material genético en el filtro será conservado y no se va a degradar.
3. Se tapan uno de los orificios con el papel Parafilm y se introduce el resto de buffer.
4. Se retira el filtro de la jeringa y se sella el segundo orificio con el papel Parafilm.

Preservación con Esferas desecantes con indicador

1. Materiales necesarios
 - a. Bolsa ziploc.
 - b. Esferas desecantes con indicador.
 - c. Guantes. Segunda etapa de emergencia (octopus).
2. Una vez filtrada la muestra se coloca una cantidad de esferas desecantes dentro de una bolsa ziploc.
3. El filtro con la muestra de ADN se introduce en la bolsa ziploc y esta se cierra.

Los filtros se etiquetan con un plumón permanente de la siguiente manera:

Clave del sitio (iniciales) fecha (día,mes,año) número de muestra

Para la muestra control negativo se rotula de la siguiente manera:

CTN fecha (día,mes,año) número de muestra

La información de las muestras deberá ser guardada en una hoja de datos física, y en una base digital, con la finalidad de llevar un control de los sitios, días, personas que participan en la recolección de datos. Las muestras deberán ser enviadas en los siguientes días al especialista para su posterior análisis.

5.1.2. Colecta de ADN por medio de tejido

Para que el ADN ambiental sea efectivo en determinar la presencia de especies, se necesita contar con una librería genómica contra la que comparar la información. La librería genómica se construye analizando el ADN colectado a través de muestras de tejido y se puede encontrar la información online (p. ej., GenBank). En caso de que no exista la información genética para la especie objeto de estudio, ésta se puede generar con la colecta de ADN por medio de muestras de tejido.

Las muestras de tejido pueden ser colectadas de los peces que se han capturado en la jornada de pesca habitual, no es necesario hacer una captura dirigida para esta actividad.

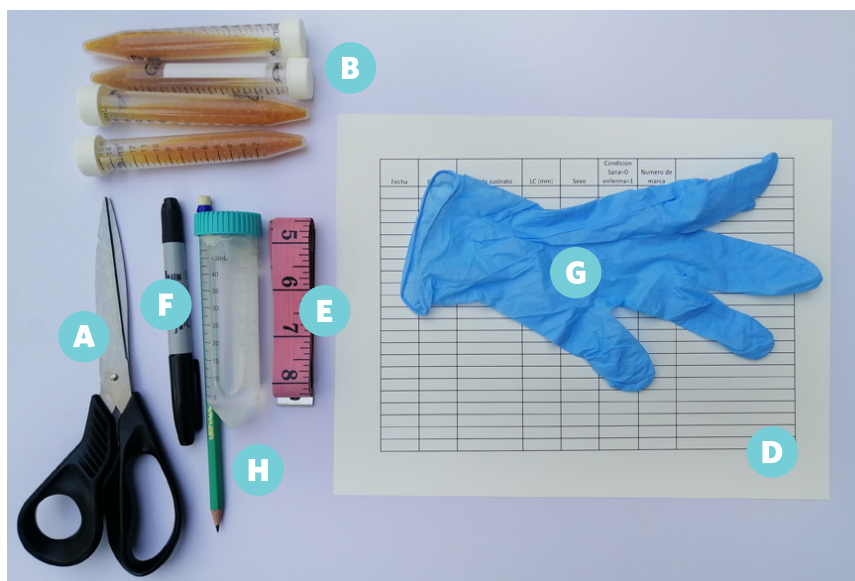


Figura 16. Material para muestreo de tejido de peces. **Fotografía:** COBI.

Materiales para la colecta de tejido

- A.** Tijeras.
- B.** Tubo de centrifuga de 16 ml con esperas desecantes con indicador.
- C.** Toallas para limpieza.
- D.** Hoja de registro de datos (polipap de 8 puntos).
- E.** Cinta métrica.
- F.** Plumón punto fino.
- G.** Guantes.
- H.** Lápiz.

Instrucciones para la colecta y preservación de las muestras de tejido

NOTA: Lo ideal es realizar el muestreo una vez que fue capturado el producto, esto para evitar en la medida de lo posible la acción bacteriana de descomposición natural de un cadáver. También se puede hacer después de la jornada de pesca.

1. Registrar en el formato, el lugar donde el pez fue capturado, así como el nombre de la persona que recolecta la muestra, el sitio de captura, la fecha y el nombre del pez.
2. Colarse los guantes y desinfectar las tijeras con una toalla y alcohol.
3. Corta un pequeño pedazo de músculo o aleta del pez, un trozo de 1 cm² de área aproximadamente.
4. La muestra se introduce en el tubo de plástico que contiene las perlas de absorción de humedad, de este modo el tejido se deshidrata y se conserva la información genética.
5. Tomar la longitud total de pez. En este momento ya no será necesario tener contacto con el pez de nuevo por que podrá retirarse los guantes y anotar en el formato el dato de longitud.
6. Se rotula el tubo de plástico con la clave asignada que será la primera inicial de nombre y apellido del encargado de la colecta y el numero consecutivo de la muestra. Ejemplo, el encargado es Osvaldo Guzman. La clave será OG-1, OG-2, etc.
7. Colocar el tubo junto al pescado, y tomar una fotografía, de tal manera que se note el pescado, y a clave del tubo, esto con la finalidad de corroborar le nombre científico del pescado.
8. El tubo de plástico se resguarda hasta que este sea enviado al laboratorio para su posterior análisis.



Figura 17. Muestras de tejido para extracción de ADN. Fotografía: COBI.



La información que se describe en los métodos de colecta de ADN ambiental y colecta de tejido, fueron resultado de una colaboración con el Dr. Adrián Mungia-Vega experto en genética. Las fichas técnicas las encontrarán en el siguiente link, también las podrás encontrar dentro del siguiente QR.

6

SISTEMAS DE FONDEO

6. SISTEMAS DE FONDEO TEMPORAL (SIFOTE) PARA SENSORES OCEANOGRÁFICOS

El sistema de fondeo temporal (SIFOTE) consiste en instalar cubetas rellenas de concreto, conocidas como “muertos”, con la finalidad de mantener los sensores fondeados, con suficiente peso para evitar que los sensores sean removidos del sitio donde se instalaron, y que a su vez puedan ser manipulados por las personas que realizan la operación. Los “muertos” son armados con una o más cubetas unidas entre sí por cables de acero inoxidable o cabos de seda. El material de construcción es muy fácil de encontrar y tienen una gran resistencia a la corrosión.

Antes de introducir el SIFOTE, que por lo general se hace desarmado, se deberán de realizar buceos de prospección para conocer las características del fondo, y marcar con GPS el punto ideal de instalación. Se deberá realizar el plan de instalación de manera detallada, considerando la profundidad del sitio, velocidad de la corriente, visibilidad, condiciones del mar y distancia del punto de instalación de la costa.

El armado de un sistema de fondeo temporal debe incluir:

1. Muerto. Elemento con el peso suficiente para mantener los instrumentos fijos y evitar el desplazamiento por las corrientes. En este protocolo, se sugiere el uso de cubetas rellenas de concreto (materiales económicos y al alcance para cualquier comunidad). El peso del muerto dependerá de las condiciones de corrientes, tipo de fondo, estabilidad que necesite el instrumento oceanográfico, entre otros.
2. Línea. Un cable o cabo, que tiene doble función: i) permitir el acoplamiento de instrumentos oceanográficos, y ii) señalar la ubicación de la instalación. El material para el cable o cabo, así como la longitud, variará en función de las condiciones del sitio y el tipo de instrumento.
3. Boya. Puede ser de superficie o boya ahogada, para facilitar la identificación de la instalación desde superficie.
4. En algunos casos puede utilizarse otros materiales disponibles en la zona que se adecuen al tipo de fondo donde será colocado. El diseño también es adaptable completamente a las necesidades.

Soluciones comunitarias - maniobra de instalación de sistemas de fondeo, con seguridad

Las cubetas con cemento son muy pesadas y eso puede complicar su manipulación. Al colocarlas en el fondo del mar es necesario tener cuidado para no dañarlas y no perjudicar el ecosistema. Los pescadores y pescadoras, al no tener equipo especializado para descender las cubetas, idearon una solución comunitaria para bajar los “muertos” de manera segura y eficiente. Esta solución comunitaria consiste en adaptar galones de 50 litros o mayor capacidad, que los pescadores/as utilizan para transportar gasolina (es importante que los galones estén limpios), como boyas de flotabilidad. A estos galones se les adapta una válvula de escape de aire (pueden ser válvulas de PVC) en la parte superior para poder manipular la flotabilidad de la pieza al momento de llenarlos de aire, y así, evitar que las piezas pesadas floten y puedan ocasionar algún accidente.

6.1. Instrucciones para la construcción y colocación de sistemas de fondeo temporal

A continuación, se describe el método de construcción del SIFOTE que puede ser utilizado para sensores como Thermistor, MiniDot, HOBOS, CTD, ADP e Hidrófono. Cabe resaltar que hay similitudes en la construcción de cada uno, sin embargo, los materiales o sus cantidades pueden variar. Revisar las tablas II, III y IIIIV.

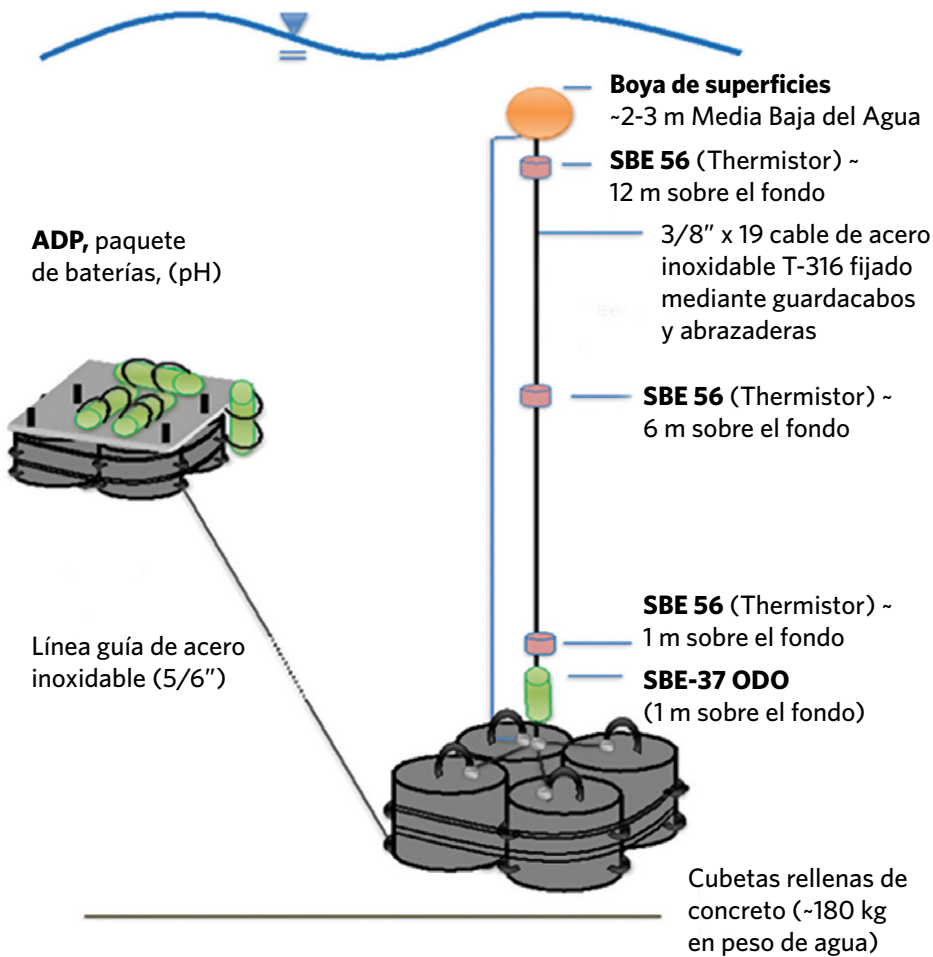


Figura 18. Anclaje para sensores CTD SBE37 y Termistores SBE 56

Tabla II. Lista de materiales para la construcción de SIFOTE utilizando sensores CTD SBE37 y Thermistor SBE 56.

Materiales	Cantidad	Notas	Herramientas
Cemento	100 kg	1 costal es suficiente para 2 cubetas	Perica
Cubetas de 20 litros	6	4 para anclaje 2 extras (4 cubetas han soportado tormentas de Navidad durante 2.5 años)	Desarmadores con cabeza de tuerca 5/16 y la medida para las tuercas del SBE37
Arena + gravilla	Según la densidad deseada	También puede agregarse trozos de plomo o hierro en la mezcla	Pinzas de presión (Pinzas perras)
Cable de acero inoxidable	3 m por cubeta 15 m para la línea principal	La longitud de línea principal puede variar según la profundidad del sitio	Pinzas para corte de cable
Grilletes	8	4 para unir cubetas (en caso de ser necesario) 4 para unir cubetas a cable principal	Bolsas de malla para (jabas)
Protector de cuerda/cable	10	2 para línea principal 2 por cubeta	GPS
Grillete giratorio	1		
Abrazadera para cable	22	6 para línea principal 4 por cubeta	
Boya de 60 libras	1		
Ánodos de zinc	3	Previenen la corrosión y aumentan el tiempo de vida del anclaje	
Cinchos de plástico (Zip ties)	1 en cada grillete	Diferentes tamaños	
Cinta		Para cubrir puntos de fricción	

Nota: Se recomienda siempre tener piezas extra de todos los materiales indicados.

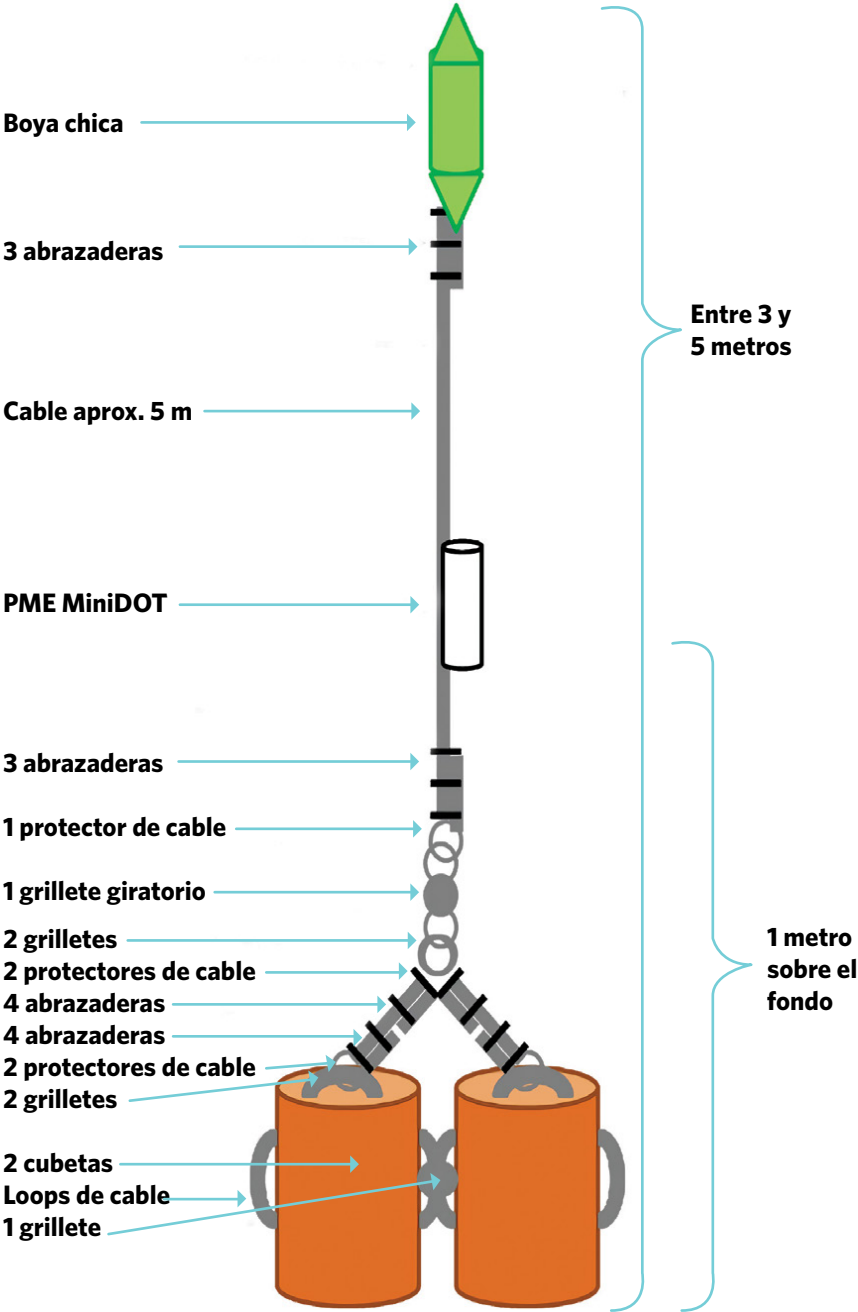


Figura 19. Esquema de SIFOTE utilizado en sensores MiniDOT.

Tabla III. Lista de materiales para la construcción de anclaje para sensores de oxígeno MiniDot.

Materiales	Cantidad	Notas	Herramientas
Cemento	40-50 kg	1 costal es suficiente para 2 cubetas	Perica
Cubetas de 20 litros	2		Desarmadores con cabeza de tuerca 5/16 y la medida para las tuercas del SBE37
Arena + gravilla	Según la densidad deseada	También pueden agregarse trozos de plomo o hierro en la mezcla	Pinzas de presión (Pinzas perras)
Cable de acero inoxidable	3 m por cubeta 5 m para la línea principal	Longitud de línea principal puede variar según especificaciones del anclaje	Pinzas para corte de cable
Grilletes	5	1 para unir cubetas (en caso de ser necesario) 4 para unir cubetas a cable principal	Bolsas de malla para (jabas)
Protector de cuerda/cable	6	2 para línea principal 2 por cubeta	GPS
Grillete giratorio	1		
Abrazadera para cable	14	6 para línea principal 4 por cubeta	
Boya pequeña	1		
Ánodos de zinc	3	Previenen la corrosión y aumentan el tiempo de vida del anclaje	
Cinchos de plástico (Zip ties)	1 en cada grillete	Diferentes tamaños	
Cinta		Para cubrir puntos de fricción y encintar el instrumento a la línea	

Nota: Se recomienda siempre tener piezas extra de todos los materiales indicados.

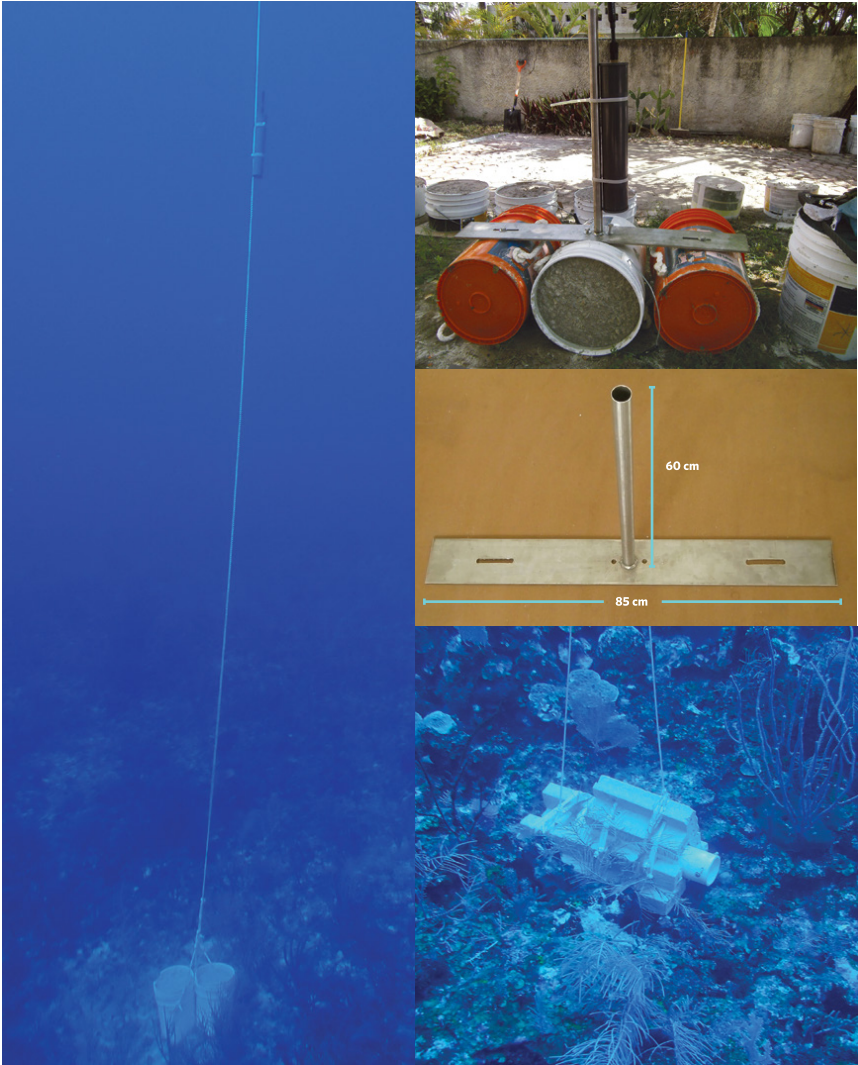


Figura 20. Modelos de SIFOTE utilizados para instalar Hidrofo, fabricado con bigas de construcción y cubetas de cemento.
Fotografía: COBI.

Tabla IIIV. Lista de materiales para la construcción de un SIFOTE utilizado en sensores Hobo e Hidrófono

Materiales	Cantidad	Notas	Herramientas
Cemento	40-50 kg	1 costal es suficiente para 2 cubetas	Perica
Cubetas de 20 litros	2-4		Cuchillo
Arena + gravilla	Por una parte de cemento usar dos partes de gravilla y arena		Cinta
Cable de seda 3/4"	3 m por cubeta 15 m para la línea principal	Longitud de línea principal puede variar según la profundidad del sitio	Dado #14
Base de acero inoxidable	1	Esta base une tres o cuatro cubetas	Matraca de cabeza redonda para dado #14
Taquete expansivo de 3/8"	6	Colocar dos por cubeta, en sentidos opuestos	Llave mixta con matraca de 7/16.
Tornillos de acero inoxidable de 3/8"	3	Se utiliza un tornillo por cubeta	Llave mixta
Rondana plana inoxidable de 3/8"	6	Se utiliza dos rondanas por tornillo	Pinza de corte
Bigas de construcción	3	Piezas de 70 cm de largo	
Cinchos de plástico	3	De 90 m de largo	

Materiales	Cantidad	Notas	Herramientas
Cabo de seda de 1/4"		Para la línea principal se utilizarán 5 metros. Para reforzar los cinchos de plástico se usarán 6 metros	
Boya pequeña	2	Se usan dos boyas de polietileno para el sistema de fondo de vigas de cemento	
Cinta gris	1	Rollo de cinta gris para cubrir el cincho de plástico	
Tubo de PVC cedula 40 de 3"	1	70 cm de largo	
Tapón PVC cédula 40 de 3"	1		
Abrazadera de acero inoxidable HS-60 (3 5/16 - 4 1/4; 84-108 mm	3		
Lija para plomero	1		
Pegamento para pvc	1		
Tornillo hexagonal de acero inoxidable (1/4 x 4 1/2)*			
Tuerca de seguridad y rondana de acero inoxidable (1/4)			

Nota: Se recomienda siempre tener piezas extra de todos los materiales indicados.

Construcción de muertos para SIFOTE

1. El fraguado del cemento puede tardar entre 3 ó 4 días, por lo que es importante considerar este tiempo ante sumergir las cubetas en el mar. El tiempo de la elaboración de los muertos puede estar entre uno y dos días.
2. A cada cubeta se le realizan dos hoyos en sus extremos, estos servirán para unir las cubetas con los cables o cabos. Si se usaran de manera individual no se unen las cubetas..
 - a. Es importante dejar "loops" (agarraderas) a los lados, que serán utilizados para maniobrar (Fig. 21).
3. Se prepara la mezcla de cemento, gravilla y arena, y se vierte en las cubetas, hasta llenarlas. En algunos casos la cubeta se deja a media cubeta (para hobos).
 - a. De ser necesario incluir piezas de plomo o hierro que puedan aportar mayor peso.
4. Dejar secar por tres o cuatro días.



Figura21. Ejemplo de cómo se llenan de concreto, y unen las cubetas con cable de acero..

Construcción de líneas del SIFOTE

1. Cortar cables de acero o cabo de las cubetas (lo más cortas posibles).
 - a. Hacer un "loop" (vueltas con el cableado) y colocar abrazaderas (2 en cada extremo; ver Fig. 22).
 - b. Colocar el protector en posición y ajustar abrazaderas..
2. Para la línea principal, cortar los cables según la profundidad y considerar la longitud que añaden las cubetas y las líneas individuales de cada una.
 - a. Hacer un "loop" alrededor de la boya y colocar 3 abrazaderas.
 - b. En el extremo contrario, hacer un "loop" y colocar 1 abrazadera.
 - c. Poner el protector en posición y ajustar la primera abrazadera.
 - d. Agregar otras 2 abrazaderas.
3. Unir todo y revisar las conexiones. Es más fácil armar el anclaje en tierra que en el mar.
4. Desconectar las cubetas y llevar por separado.

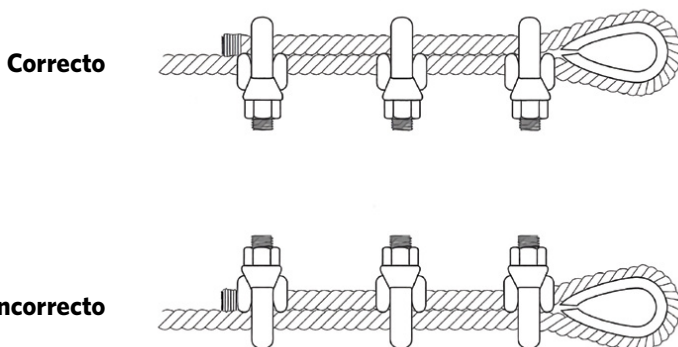


Figura 22. Colocación de las abrazaderas para cable.



Figura 23. Unión de cubetas a línea principal mediante un destorcedor o girillete giratorio. Fotografía: COBI

6.2. Construcción de funda (case) para instalación del hidrófono tipo SNAP.

Al soporte de acero o al cabo de línea principal, se le coloca un tubo de PVC cédula 40, dentro del cual se introduce el sensor acústico, este servirá como protección y recipiente de almacenamiento durante su estancia en el sitio de monitoreo.

1. Se corta un tramo de 46 cm de longitud de tubo PVC cédula 40 de 3". Es necesario realizar un par de orificios al case de PVC, esto servirá para que el sensor desplace el agua al momento de introducirlo.
2. En la parte inferior se le coloca un tapón de PVC cédula 40 de 3" para que sirva de tope al sensor acústico.
3. Para evitar que el sensor acústico sea retirado del case por la corriente o marejada, debe ser perforado en su parte superior para colocar un pasante que evite el desplazamiento del sensor acústico.



Figura 24. Material de construcción de funda (A), y seguro del sensor acústico colocado dentro de la funda (B).
Fotografías: COBI.



Figura 25. Ensayo de ensamble de la base del sensor, con integrantes del grupo de monitoreo comunitario de Punta Allen. Fotografías: COBI.

Instalación de sistema de fondeo temporal

Es muy importante que todos los participantes de la operación estén enterados de lo que sucederá en cada paso. La comunicación es clave para la seguridad de todos los participantes. Antes de salir al punto de trabajo, repasar las instrucciones con la tripulación y los buzos. Se recomienda 3 buzos que deberán contar con experiencia previa en el tema, ya que requiere esfuerzo físico diferente a un buceo recreativo, 1 capitán, 1 marinero.

Se recomienda llevar solamente lo necesario para realizar la maniobra, tener cabos y boyas bien ordenadas, así como todo el equipo de buceo en la embarcación. Es recomendable tener la cubierta libre de artefactos innecesarios, limpia, y libre de lubricantes que pudieran causar una caída. Será necesario contar con todas las herramientas necesarias para implementar la maniobra, así como equipo de seguridad de buceo y equipo de primeros auxilios. Así mismo, la maniobra se ensaya en tierra antes de partir al sitio de instalación, con la finalidad de detectar alguna falla y esta pueda ser corregida.

1. Material necesario
 - a. Elementos del SIFOTE, armados o individuales.
 - b. Equipo de buceo.
 - c. Llave de tuercas.
 - d. Desarmador con cabeza para tuercas.
 - e. Pinzas.
 - f. “Bolsas elevadoras”, boyas o bidones.
 - g. Grilletes sencillos y giratorios.
 - h. Cuerda.
 - i. Guantes
 - j. Cinchos de plástico.
 - k. Boya marcadora (puede ser la boya de buceo) con cabo suficientemente largo.
 - l. Cuchillo
 - m. Materiales extra.
2. Utilizando el GPS, arribar al lugar previamente seleccionado.
3. Marcar el punto exacto utilizando la boya marcadora.

Sumergir SIFOTE.

Hay dos formas en las cuales se puede sumergir el SIFOTE, por caída libre o con boya de apoyo. Para ambas maniobras se debe de hacer un cuidadoso plan de acción, con el objeto de evitar accidentes.

Por caída libre

1. Llegar al sitio de trabajo con ayuda del GPS.
2. Asignar a cada participante su rol, y explicar la maniobra de manera detallada. Esta operación es de alto riesgo.
3. Ordenar los cabos dejándolos libre de nudos, realizar los nudos pertinentes a los muertos, boyas y línea principal.
4. Amarrar un cabo con una boya a línea principal para que quede marcado el SIFOTE, y tener referencia de donde callo. La longitud del cabo deberá ser 1.5 veces más, que la profundidad del sitio de trabajo.
5. Retirarse del punto de trabajo aproximadamente 300 metros.
6. Navegar de nuevo hacia el punto de trabajo, a baja velocidad. Mientras esto sucede tirar el cabo al mar poco a poco para evitar que se enrede.
7. El capitán deberá indicar en voz alta cuantos metros faltan para llegar al punto, de tal manera que cuando faltan 40 metros, los muertos se colocan en la borda de la embarcación.
8. Al llegar a 0 metros, se cuenta hasta tres, y se dejan caer los muertos. De esta manera descienden en caída libre.
9. Una vez que dejaron de caer, jalar el cabo hasta que quede lo más vertical posible y verificar a qué distancia del punto marcado quedó el muerto. Puede haber una pequeña variación en el punto de GPS. Marcar nuevamente el punto.
10. Se realizan un par de inmersiones para acomodar los muertos, y armar el SIFOTE.

Con boya de apoyo

1. Llegar al sitio de trabajo con ayuda del GPS.
2. Asignar a cada participante su rol, y explicar la maniobra de manera detallada. Esta operación es de alto riesgo.
3. Realizar el amarre de los muertos a las boyas de apoyo.
4. Colocar aire a las boyas de apoyo para mantener flotante el SIFOTE.
5. Titar una línea con grampín y boya para tener una referencia visual de área de trabajo.
6. Tirar las boyas de apoyo y el SIFOTE al mar.
7. Los buzos y buzas entran al agua y van eliminando aire de la boya de apoyo para descender lentamente con él SIFOTE.
8. Antes de llegar mantener en flotabilidad neutra el SIFOTE para verificar el punto exacto de instalación. Una vez que se tiene el punto de instalación permitir que el SIFOTE asiente en el fondo.
9. Acomodar y armar el SIFOTE, verificando que todo queda de manera adecuada. Se realiza una “revisión minuciosa” a todas las conexiones.

10. En este punto, podría ser útil elaborar un rápido mapa del lugar de instalación. Un radio de 20 m puede ser suficiente.
11. Asegurarse de que la boya marcadora esté justo arriba del sistema.
12. Una vez en superficie, corroborar coordenadas (igrados decimales!) y marcar el punto final.

NOTA: En ambos casos, se recomienda dejar el sistema de fondeo durante la noche, para probar su eficacia. Si la logística y tiempos no lo permiten, realizar los ajustes necesarios para poder instalar el sistema de fondeo y aparatos el mismo día.

Soluciones comunitarias - cuidado de sensores para evitar robos o daños

En algunas comunidades se han desarrollado algunos sistemas de fondeo que permiten el cuidado y resguardo de los sensores para evitar que sean extraídos. Para esto, se utiliza un sistema de fondeo con dos cubetas rellenas de cemento. Sin embargo, se modifica el sistema de fondeo para hacer una cavidad o cámara que consiste en un tubo de PVC de cuatro pulgadas de ancho y todo lo largo de una cubeta de 20 litros, al cual se le pone una tapa y se hacen orificios en ambos extremos de la cubeta para lograr un correcto flujo de agua y un buen registro de temperatura.



Figura 26. Armado de base en el fondo marino. Fotografías: COBI.

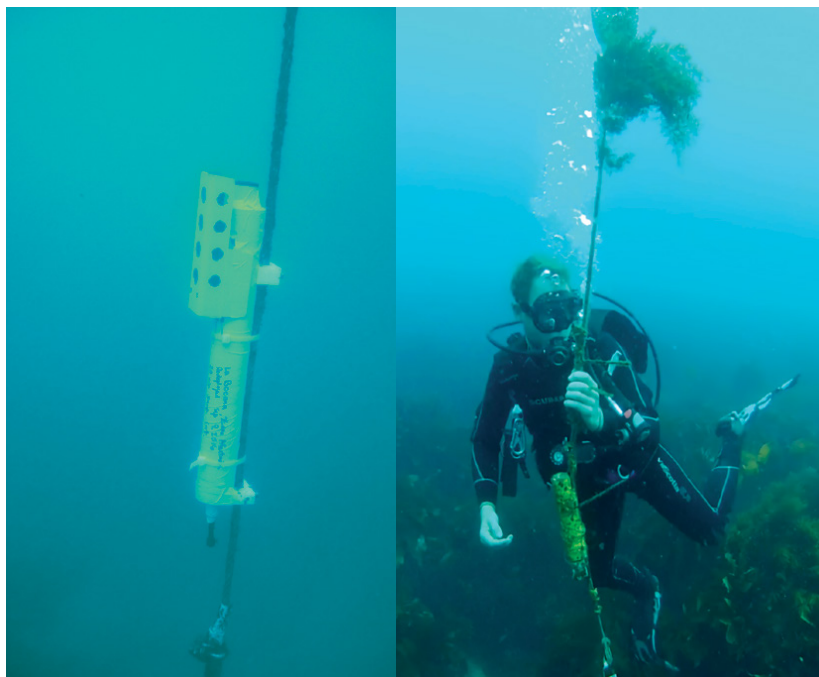


Figura 27. Ejemplo de línea corta, boya e instrumentos unidos. **Fotografías:** Hopkins Marine Station (Universidad de Stanford).



Figura 28. La investigadora de la Universidad de Stanford mostrando a un pescador de la comunidad de la bocan cómo se manipulan los instrumentos. **Fotografías:** Hopkins Marine Station (Universidad de Stanford).



Figura 29. Sistema de fondeo para Hobos, construido con media cubeta de plástico, cemento y varilla galvanizada. Grupo de monitoreo comunitario de Maria Elena y Punta Allen. Quintana Roo. **Fotografía:** COBI.



Figura 30. Sistema de fondeo después de 6 meses de haber sido colocado. **Fotografía:** COBI.



www.cobi.org.mx

 [COBI.mx](https://www.facebook.com/COBI.mx)

   [@cobi_mx](https://www.instagram.com/cobi_mx)