



## Estudios de la columna de agua

### El yoyó oceanográfico



Un paquete de sensores de conductividad / temperatura / profundidad (CTD). Imagen: Programa Okeanos Explorer, NOAA.

<http://oceanexplorer.noaa.gov/okeanos/explorations/ex1103/logs/july16/media/ctd.html>

#### Foco

CTD (conductividad, temperatura, presión), química oceánica y respiraderos hidrotermales

#### Grado

7-8 (Ciencias físicas)

#### Pregunta central

¿Cómo utilizan, los exploradores a bordo del *Okeanos Explorer*, señales químicas para localizar respiraderos hidrotermales en el océano profundo?

#### Objetivos de aprendizaje

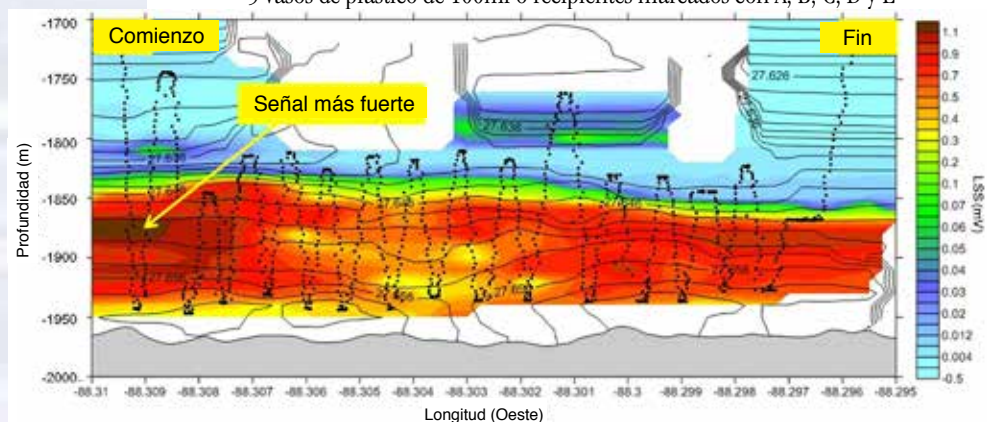
- Los estudiantes analizarán e interpretarán datos del *Okeanos Explorer* para hacer inferencias sobre la posible presencia de respiraderos hidrotermales.
- Los estudiantes explicarán cómo la interacción con los respiraderos hidrotermales afecta las propiedades químicas y físicas del agua de mar.

#### Materiales

- Un galón de agua, enfriada en un refrigerador
- Vinagre; 1 cucharada para cada grupo de estudiantes
- Una fuente de calor (horno microondas o placa caliente)
- Un cuentagotas
- Una cucharada
- Para cada grupo de estudiantes:
  - Copia de la *Hoja de ejercicios: análisis de las muestras de CTD*
  - Dos termómetros
  - 5 tiras de papel PH de amplio rango (aproximadamente de pH 2-9) con carta de colores
  - 5 vasos de plástico de 100ml o recipientes marcados con A, B, C, D y E

Este es un diagrama de los datos de un remolque de CTD. El eje x muestra la longitud del remolque, el eje vertical es la profundidad y el sombreado a lo largo del remolque es la información del sensor de dispersión de luz (LSS). El parche oscuro a la izquierda (comienzo del remolque) es la señal más fuerte del penacho. Imagen: Programa Okeanos Explorer, NOAA.

[http://oceanexplorer.noaa.gov/okeanos/explorations/ex1103/logs/hires/tow01\\_results\\_diagram\\_hires.jpg](http://oceanexplorer.noaa.gov/okeanos/explorations/ex1103/logs/hires/tow01_results_diagram_hires.jpg)



### Materiales audiovisuales

- Proyector de video o monitor de pantalla grande para mostrar las imágenes descargadas (vea Procedimiento de aprendizaje, paso 2)

### Tiempo de enseñanza

Dos períodos de clase de 45 minutos

### Asignación de asientos

Grupos de 3 o 4 estudiantes

### Máximo número de estudiantes

30

### Palabras y conceptos clave

Exploración del océano

*Okeanos Explorer*

CTD

Conductividad

pH

Respiraderos hidrotermales

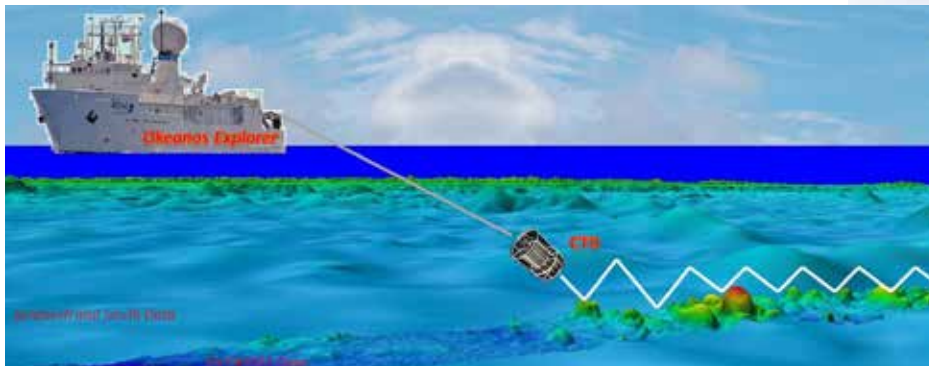
Penacho

### Información previa

Para más información sobre los instrumentos de CTD, consulte *Introducción a las Investigaciones acerca de la Columna del Agua*.

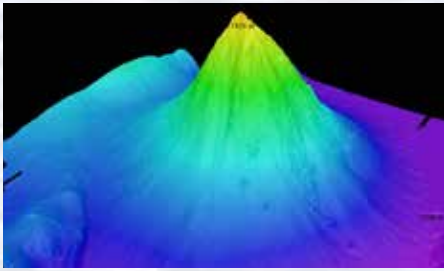
Las mediciones de temperatura de los sensores CTD pueden usarse para detectar cambios en la temperatura del agua que pueden indicar la presencia de volcanes o respiraderos hidrotermales. Las masas de agua de mar con características inusuales se llaman penachos, y generalmente se encuentran a unos pocos cientos de metros del fondo del océano. Dado que los volcanes submarinos y los respiraderos hidrotermales pueden ser de varios miles de metros de profundidad, los exploradores oceánicos a menudo suben y bajan una roseta CTD a través de varios cientos de metros cerca del fondo, mientras el barco cruza lentamente sobre el área que se está explorando. Este movimiento repetido del CTD remolcado hacia arriba y hacia abajo, puede parecerse al movimiento de un yo-yo; es por este parecido que llamamos a este tipo de muestreo de CTD, un “tow-yo”.

Esta lección introduce un simple análisis de los datos CTD como método para encontrar volcanes submarinos y respiraderos hidrotermales.



Esta imagen ilustra el concepto de un Tow-Yo de CTD. Se sumerge el CTD a menos de 20 metros del fondo del mar, y luego se lo cicla entre cerca del fondo y 300 metros sobre el fondo marino (como un yoyo), ya que es remolcado detrás del barco. Los datos del sensor se registran y monitorean continuamente para encontrar signos de la presencia de penachos de respiraderos hidrotermales. Imagen: Programa *Okeanos Explorer*, NOAA.

[http://oceanexplorer.noaa.gov/okeanos/explorations/ex1103/logs/hires/tow\\_yo\\_diagram\\_hires.jpg](http://oceanexplorer.noaa.gov/okeanos/explorations/ex1103/logs/hires/tow_yo_diagram_hires.jpg)



El sistema de mapeo sonar multihaz EM302 del *Okeanos Explorer* produjo esta imagen detallada de la subestación Kawio Barat, que se eleva a unos 3800 metros del fondo marino. Imagen: Programa *Okeanos Explorer*, NOAA, INDEX-SATAL 2010.

[http://oceanexplorer.noaa.gov/okeanos/explorations/10index/logs/hires/june26fig1\\_hires.jpg](http://oceanexplorer.noaa.gov/okeanos/explorations/10index/logs/hires/june26fig1_hires.jpg)



Se amarra un CTD a una estructura metálica llamada roseta, o carrusel, junto con numerosas botellas de muestreo de agua y cuando se despliega, proporciona información sobre la composición de la columna de agua. Imagen cortesía de NOAA.

<http://oceanexplorer.noaa.gov/technology/tools/sondectd/sondectd.html>



Los tripulantes de *Okeanos Explorer* lanzan el vehículo durante las inmersiones de prueba en Hawaii. Imagen: Programa *Okeanos Explorer*, NOAA, INDEX-SATAL 2010.

[http://oceanexplorer.noaa.gov/okeanos/explorations/10index/background/hires/launch\\_hires.jpg](http://oceanexplorer.noaa.gov/okeanos/explorations/10index/background/hires/launch_hires.jpg)



El jefe del equipo de ROV, el comandante y el jefe del equipo científico discuten las operaciones en Mid-Cayman Rise con participantes ubicados tanto en el ECC de Silver Spring como en el URI's Inner Space Center. Imagen: Programa *Okeanos Explorer* de NOAA, MCR Expedición 2011.

[http://oceanexplorer.noaa.gov/okeanos/explorations/ex1104/logs/hires/daily\\_updates\\_aug9\\_1\\_hires.jpg](http://oceanexplorer.noaa.gov/okeanos/explorations/ex1104/logs/hires/daily_updates_aug9_1_hires.jpg)

## Procedimiento de aprendizaje

### 1. Preparativos para esta lección:

#### a) Revisar::

- Ensayos introductorios para la Expedición INDEX-SATAL de 2010: (<http://oceanexplorer.noaa.gov/okeanos/explorations/10index/welcome.html>);
- Información previa acerca de tecnología CTD: <http://www.pmel.noaa.gov/vents/PlumeStudies/WhatsACTD/CTDMethods.html>

#### b) Revisar información acerca de estrategias de exploración y tecnologías del buque *Okeanos Explorer*.

#### c) Si los estudiantes no se han familiarizado con las comunidades quimiosintéticas de aguas profundas, quizás desee utilizar utilizar la lección de descubrimiento multimedia número 5: quimiosíntesis y vida en las fuentes hidrotermales (<http://oceanexplorer.noaa.gov/edu/learning/welcome.html>), y/o información de <http://www.pmel.noaa.gov/vents/nemo/explorer.html>.

#### d) Revisar los procedimientos para el análisis simulado de las muestras de CTD (paso 4). Prepare los materiales para esta actividad:

- 1) Enfríe un galón de agua por la noche en un refrigerador.
- 2) Para cada grupo de cuatro estudiantes: llene 5 vasos de precipitación de 100ml con agua fría y marque cada uno con las letras A, B, C, D y E.
- 3) Unos 15 minutos antes del comienzo de la clase, caliente el agua en un horno de microondas en todos los vasos marcados D durante 60 segundos. El agua debe estar por encima de 50 ° C, pero no hirviendo.
- 4) Agregue 3 gotas de vinagre a todos los vasos de precipitación marcados C y E y mezcle.
- 5) Agregue una cucharada de vinagre a todos los vasos de precipitación marcados D y mezcle.

#### e) Si lo desea, descargue las imágenes a las que se hace referencia en el paso 2.

### 2. Introduzca brevemente al buque *Okeanos Explorer* de NOAA y a la Expedición INDEX-SATAL de 2010. Describa brevemente por qué este tipo de exploración es importante (para información básica, por favor vea la lección, *Earth's Ocean is 95% Unexplored: So What?*; [http://oceanexplorer.noaa.gov/okeanos/explorations/10index/background/edu/media/so\\_what.pdf](http://oceanexplorer.noaa.gov/okeanos/explorations/10index/background/edu/media/so_what.pdf)). Destaque la estrategia de exploración que utiliza *Okeanos Explorer*, incluyendo los siguientes puntos:

- La estrategia general se basa en encontrar anomalías;
- Esta requiere
  - reconocimiento en curso;
  - exploración de la columna de agua; y
  - caracterización del sitio;
- Esta estrategia se basa en cuatro tecnologías clave:
  - sistema de cartografía de sonar multihaz;
  - CTD y otros sensores electrónicos para medir las propiedades químicas y físicas del agua de mar;
  - un Vehículo de Operación Remota (ROV) capaz de obtener imágenes de alta calidad y muestras profundas de hasta 4000 metros; y
  - tecnologías de telepresencia que permiten que las personas observen e interactúen con eventos que ocurren en una ubicación remota.

Quizás le interese mostrar las imágenes de la barra general adyacente y así acompañar esta revisión.



Muestre una foto de un CTD, y explique que consiste en una colección de varios instrumentos electrónicos que miden varias cosas relacionadas con el agua de mar. Los instrumentos básicos miden la temperatura, la profundidad y la conductividad. La mayor parte del dispositivo que se ve en la imagen es un dispositivo de muestreo de agua llamado roseta o carrusel, que contiene botellas de muestreo de agua que se utilizan para recogerla a diferentes profundidades. Antes de bajar la roseta al océano, las botellas se abren para que el agua fluya libremente a través de ellas. A medida que la roseta viaja a través de la columna de agua, los científicos pueden monitorear las lecturas de los sensores CTD. Si algo inusual aparece en las mediciones, los científicos pueden enviar una señal a través del cable CTD que cierra una o más de las botellas para recoger una muestra de agua del lugar donde aparecieron las medidas inusuales.

Si los estudiantes no están familiarizados con las comunidades quimiosintéticas profundas, describa brevemente el concepto de quimiosíntesis y compárelo con la fotosíntesis. Dígale a los estudiantes que, en el océano profundo, los ecosistemas quimiosintéticos se encuentran donde una fuente de energía química emerge del fondo del océano. Si ha decidido utilizar los materiales mencionados en el paso 1c, preséntelos ahora. Dígale a los estudiantes que uno de los objetivos principales de la Expedición INDEX-SATAL en el 2010 fue localizar volcanes submarinos, respiraderos hidrotermales, ecosistemas quimiosintéticos y montes submarinos asociados con procesos geológicos activos en el mar profundo de Indonesia.

3. Discuta algunas de las señales que podrían resultar de la interacción entre los respiraderos hidrotermales y el agua de mar. El aumento de temperatura es una señal bastante obvia, ya que el calor del núcleo de la Tierra es la fuente de energía que hace que se formen respiraderos. Las temperaturas de los fluidos hidrotermales pueden ser superiores a 300°C, ya que la alta presión de los entornos de aguas profundas evita que el agua hierva. Los líquidos de los respiraderos hidrotermales son a menudo muy ácidos, en contraste con el agua de mar normal que es ligeramente básica; así que el pH es otra señal posible. Probablemente tenga que explicar que el pH es una medida de la concentración de iones de hidrógeno. Para una discusión más detallada sobre el pH, por favor vea la lección, *¿Por qué exploramos?* ([http://oceanexplorer.noaa.gov/okeanos/edu/collection/media/wdwe\\_toboldlygo.pdf](http://oceanexplorer.noaa.gov/okeanos/edu/collection/media/wdwe_toboldlygo.pdf)). El sulfuro de hidrógeno se encuentra a menudo en los fluidos de los respiraderos hidrotermales, pero normalmente no se encuentra en el agua de mar. Así que un análisis químico que indica su presencia en una muestra de agua de mar sería otra señal de la presencia de respiraderos cerca.
4. La siguiente actividad simula un análisis de las muestras de agua recogidas por un CTD. Dígale a los estudiantes que su asignación es analizar varias muestras recogidas por un CTD para determinar si alguna de las muestras sugiere que podrían haber sido recogidas cerca de un respiradero hidrotermal. Demuestre la manera correcta de medir el pH con una tira de pH si los estudiantes no están familiarizados con este procedimiento.

Dele a cada grupo de estudiantes dos termómetros, 5 tiras de papel de pH, una tabla de indicadores de color de pH, una copia de la hoja de ejercicios: análisis de las muestras de CTD y las muestras A, B, C, D y E. Pídale a los estudiantes que tomen las medidas necesarias para completar la hoja de trabajo en la página 7 y para trazar los datos CTD en las gráficas proporcionadas en las páginas 8-9.



Un primer plano de un CTD, la herramienta principal utilizada para mapear penachos hidrotermales. Un anillo de botellas de muestreo de plástico rodea el CTD, que se aloja en el contenedor de acero en el centro de la roseta. Los sensores CTD se pueden ver en la parte inferior de la caja de presión. Imagen: NOAA Vents Program.

[http://oceanexplorer.noaa.gov/explorations/12fire/background/hires/ctd\\_closeup\\_hires.jpg](http://oceanexplorer.noaa.gov/explorations/12fire/background/hires/ctd_closeup_hires.jpg)

Figura 1.

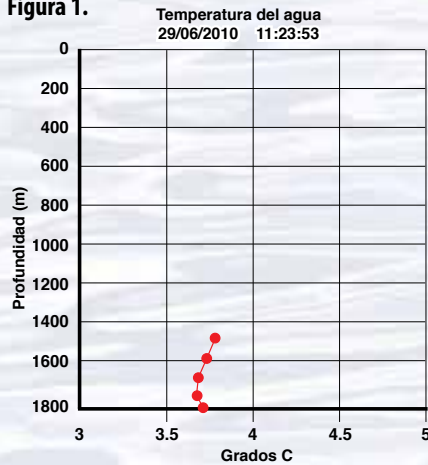


Figura 2.

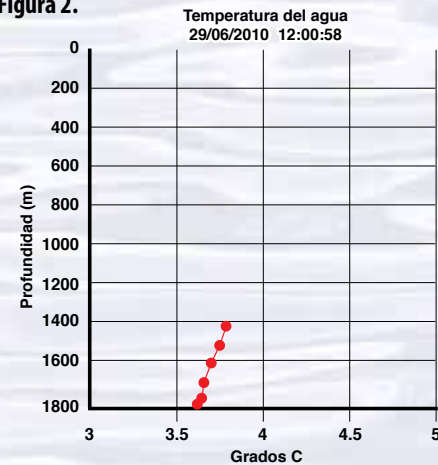
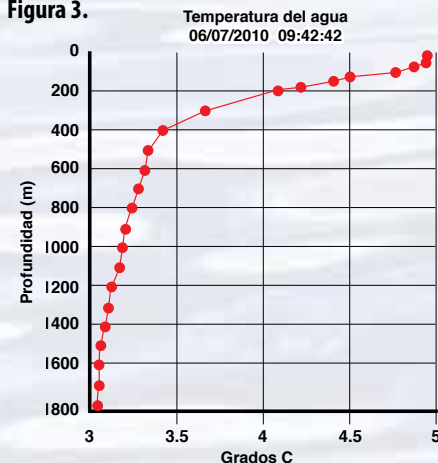


Figura 3.



Nota: gráficos de temperatura y otros datos de CTD recolectados durante los cruces del *Okeanos Explorer* en el 2010.

Asegúrese de que los estudiantes comprendan que las cuadrículas proporcionadas para realizar sus gráficos colocan al cero en la parte de arriba del eje Y. Esto se debe a que a los oceanógrafos les gusta trazar datos CTD colocando los valores de profundidad en el eje Y, y las profundidades mayores en la parte inferior del gráfico ya que es la forma en que generalmente pensamos en el perfil de la columna de agua.

- Discuta los resultados de los estudiantes. Ellos deben inferir que la muestra D puede haber sido recogida en las proximidades de un respiradero hidrotermal, ya que su temperatura es notablemente mayor que la de las otras muestras, y su pH es notablemente más bajo. Pregúntele a los estudiantes qué otras medidas podrían tomar para apoyar esta inferencia. Estas podrían incluir análisis químicos para detectar la presencia de sustancias asociadas con respiraderos hidrotermales, como el sulfuro de hidrógeno.

Los gráficos de los estudiantes con los datos de CTD deberían parecerse a las Figuras 1,2, y 3. Ellos deben reconocer que la Figura 1 es diferente de las otras, ya que la temperatura del agua aumenta cerca del fondo (incluso un pequeño aumento es significativo). Puesto que esto no es lo que comúnmente se esperaría, ¡es una anomalía! De hecho, este lanzamiento de CTD se hizo en la proximidad de un respiradero hidrotermal activo. Al día siguiente, el ROV del *Okeanos Explorer*, *Little Hercules* visitó el sitio y encontró un respiradero hidrotermal activo “rodeado de azufre fundido amarillo y negro, varias especies de camarón de aguas calientes, un gusano de 10cm y un pequeño parche de percebes. Después de salir del respiradero, el ROV ascendió la cresta de la cumbre y encontró los campos de chimeneas del sulfuro con extensos grupos de percebes en su base. Las chimeneas variaban en términos de edad y características. Algunas chimeneas estaban bastante oxidadas y otras estaban cubiertas de sulfuro blanco. Algunas chimeneas estaban purgando líquido, mientras que de otras salía humo negro”. Puedes leer más sobre el sitio y ver imágenes de *Little Hercules* aquí:

<http://oceanexplorer.noaa.gov/okeanos/explorations/10index/logs/june30/june30.html>.

Señale que este es un ejemplo excelente que ilustra la interdependencia de la ciencia, la ingeniería y la tecnología. Los instrumentos producidos por la ingeniería hicieron posible realizar mediciones que detectaron una anomalía. Otras tecnologías permitieron investigar esta anomalía y proporcionar datos científicos de una nueva fuente hidrotermal.

- La discusión sobre la tecnología CTD también puede incluir los siguientes componentes de la alfabetización tecnológica (ITEA, 2007):
  - Alcance de la tecnología** – El desarrollo de la instrumentación CTD permite medir muchas características químicas y físicas en el océano, algunas de las cuales no podían medirse en aguas profundas antes de que se creara esta tecnología.
  - Conceptos básicos de tecnología** – Un CTD es un ejemplo de varios sistemas tecnológicos conectados entre sí; incluyendo diferentes sistemas para medir diversas características químicas y físicas del agua de mar y equipos para recoger muestras de agua de áreas muy profundas en el océano de la Tierra.
  - Relaciones entre tecnologías y otros campos de estudio** – Los avances en cada una de las tecnologías mencionadas anteriormente mejoran la capacidad general de las investigaciones de columnas de agua; y esta

información es útil para los geólogos, biólogos y muchas otras ramas de la ciencia.

### La conexión BRIDGE

[www.vims.edu/bridge/](http://www.vims.edu/bridge/) – Desplácese por “Ocean Science Topics” en el menú del lado izquierdo de la página, luego vaya a “Habitats” y finalmente seleccione “Deep Sea” para obtener actividades y enlaces acerca de ecosistemas de aguas profundas.

### La conexión personal

Pídale a los alumnos que lean la entrada del 29 de julio de 2010 del diario de la Expedición INDEX-SATAL 2010 (<http://oceanexplorer.noaa.gov/okeanos/explorations/10index/logs/july29/july29.html>), y que escriban un breve ensayo comentando el trabajo que les gustaría realizar si estuvieran a bordo de la nave.

### Conexiones con otros temas

Arte del idioma inglés (ELA), ciencias sociales, matemáticas

### Evaluación

Las discusiones en clase y el trabajo de los estudiantes con la actividad de simulación de mapeo proveen oportunidades para evaluaciones

### Extensiones

Visite la página web (<http://oceanexplorer.noaa.gov/okeanos/welcome.html>) para obtener informes, imágenes y otros productos relacionados con los cruceros del *Okeanos Explorer*.

### Misiones de descubrimiento multimedia

<http://oceanexplorer.noaa.gov/edu/learning/welcome.html> – Haga clic en los enlaces a las lecciones 1, 5 y 6 para obtener presentaciones multimedia interactivas y actividades para aprender acerca de las placas tectónicas, la quimiosíntesis, la vida en las fuentes hidrotermales y el bentos de la profundidad del mar.

### Estándares científicos de la próxima generación

Los planes de lecciones desarrollados para el volumen 2 están correlacionados con *Los principios esenciales y los conceptos fundamentales de la alfabetización oceánica* como se indica en la parte posterior de este libro. Además, un documento en línea ilustra el apoyo individual de lecciones para las Expectativas de rendimiento y las tres dimensiones de los Estándares científicos de la próxima generación y los Estándares estatales de Common Core para matemáticas, la alfabetización, y el arte del idioma inglés (ELA). Le damos esta información a los educadores como contexto o punto de partida para abordar normas particulares. Esto no significa necesariamente que cualquier lección desarrolla completamente un estándar, principio o concepto particular. Por favor, vea:

[http://oceanexplorer.noaa.gov/okeanos/edu/collection/bdwe\\_ngss.pdf](http://oceanexplorer.noaa.gov/okeanos/edu/collection/bdwe_ngss.pdf)

#### Envíenos sus comentarios

Valoramos sus comentarios acerca de esta lección, incluyendo cómo la usa usted en su propia configuración educativa, formal o informal. Por favor, envíe sus comentarios a: [oceaneducation@noaa.gov](mailto:oceaneducation@noaa.gov)

#### Para más información

Paula Keener, Directora de los Programas Educativos de la Oficina de Exploración e Investigación Marina de NOAA  
Hollings Marine Laboratory  
331 Fort Johnson Road, Charleston SC 29412  
843.762.8818 843.762.8737 (fax)  
[paula.keener-chavis@noaa.gov](mailto:paula.keener-chavis@noaa.gov)

#### Agradecimientos

Producido por Mel Goodwin, PhD, biólogo marino y escritor científico, Charleston, SC. Diseño Gráfico: Coastal Images Graphic Design, Charleston, SC. Si reproduce esta lección, por favor cite a NOAA como su fuente, y proporcione la siguiente URL: <http://oceanexplorer.noaa.gov>



## Hoja de ejercicios: análisis de las muestras de CTD

Nombre del grupo: \_\_\_\_\_

Muestra	Temperatura	pH
A	_____	_____
B	_____	_____
C	_____	_____
D	_____	_____
E	_____	_____

1. ¿Los datos de la tabla anterior, sugieren que cualquiera de estas muestras podría haber sido recogida cerca de un respiradero hidrotermal?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. ¿Sus datos, apoyan esta inferencia? Explique cómo.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



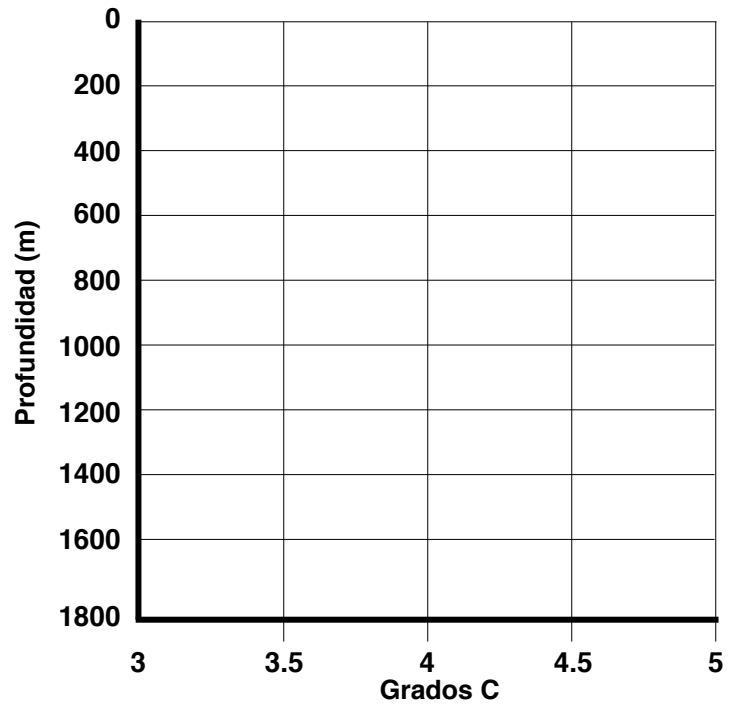
3. Estos son algunos datos de los lanzamientos de CTD realizados a bordo del *Okeanos Explorer* durante la Expedición INDEX-SATAL de 2010 (estos son sólo algunos de los puntos de datos proporcionados por los instrumentos CTD. ¡El conjunto completo de datos contiene miles de puntos!). Trace estos puntos en las cuadrículas. ¿Alguno de sus gráficos muestra alguna anomalía posible?

**Lanzamiento de CTD 29/06/2010 11:23:53**

Profundidad (m)	Temperatura del agua (°C)
1450	3.8
1600	3.75
1680	3.6
1750	3.6
1800	3.7

**Temperatura del agua**

**29/06/2010 11:23:53**

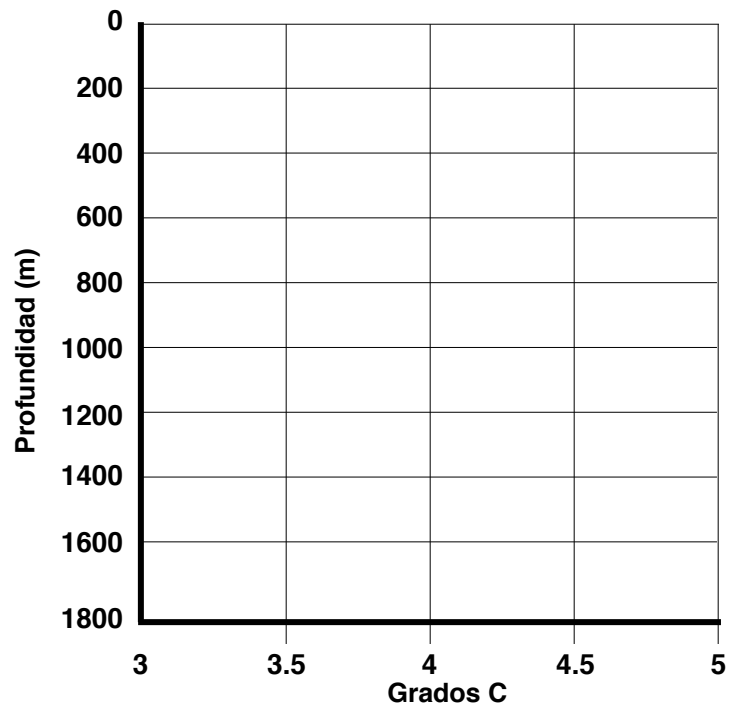


**Lanzamiento de CTD 29/06/2010 12:00:58**

Profundidad (m)	Temperatura del agua (°C)
1400	3.8
1500	3.75
1600	3.7
1700	3.67
1750	3.65
1800	3.6

**Temperatura del agua**

**29/06/2010 12:00:58**





**Lanzamiento de CTD 06/07/2010 09:42:42**

Profundidad (m)	Temperatura del agua (°C)
10	4.95
50	4.9
80	4.85
100	4.8
150	4.5
175	4.4
190	4.2
200	4.1
300	3.7
400	3.4
500	3.35
600	3.32
700	3.30
800	3.25
900	3.20
1000	3.175
1100	3.16
1200	3.15
1300	3.12
1400	3.10
1500	3.08
1600	3.07
1700	3.06
1800	3.05

