

ORGANIZACIÓN Y VISUALIZACIÓN DE DATOS DE CTD

M.A. Cosío y A. Trasviña
 Oceanografía Física, CICESE, B.C.S.
 Miraflores #334 e/ Mulegé y La Paz, La Paz, B.C.S., México
 E-mail: mcosio@cicese.mx
 E-mail: trasvi@cicese.mx

RESUMEN

Se presenta un método para visualización de lances de sondas de temperatura, conductividad y profundidad (CTD). Con las observaciones (presión, temperatura y salinidad) generamos diagramas T-S, secciones verticales de temperatura, salinidad, densidad potencial, frecuencia de Brunt-Väisälä y velocidad geostrofica, así como diferentes gráficas de la posición de estos lances y un archivo de datos para cada gráfico con sus respectivos parámetros. La programación se hizo en MATLAB y se tomó como base el formato ASCII para lances hidrográficos del Departamento de Oceanografía Física del CICESE. El programa es fácilmente adaptable a todo tipo de formatos de manera que los módulos de visualización pueden ser útiles en una amplia variedad de casos.

INTRODUCCIÓN

Los métodos computacionales para la visualización de datos oceanográficos son una herramienta indispensable para el análisis preliminar de datos y para el estudio observacional de fenómenos oceanográficos.

La organización de la base de datos es uno de los primeros pasos a decidir en el proceso de estandarización de los mismos. Por ello, decidimos organizar la base de datos, integrada por diferentes 'lances' o archivos de datos dentro de directorios asignados según el nombre del crucero oceanográfico. A su vez, cada crucero incluye los diferentes transectos en subdirectorios, para hacerlos más accesibles y fáciles de identificar al momento de realizar alguna búsqueda. En la Fig. 1 podemos observar la manera en que se organizó la base en la computadora. Cada archivo (o 'lance') individual incluye un encabezado con la información particular del lance. Dentro del subdirectorio 'cruceros' (base de datos), nos encontramos primeramente con otros subdirectorios con los nombres de los diferentes cruceros a visualizar, en donde a su vez se encuentran otros subdirectorios con los nombres de los transectos o secciones de cada crucero, para que finalmente allí se localicen el archivo de nombres y los diferentes nombres de archivos de datos de tipo ASCII correspondientes a los lances o estaciones hidrográficas de cada transecto. Los archivos siguen un formato estándar, aunque pueden existir pequeñas variaciones. El programa se adaptó para entender todas las variantes (y podría ser modificado por el usuario si aparecieran nuevas o si se cambia de formato). Por esto, la base de datos incluye archivos con diferentes extensiones para distinguir entre las diferentes variantes (.TXT, .DAT, .PRO, .SAL, .FIN, etc.).

Concluida esta primera etapa, elaboramos los programas y funciones necesarios para la lectura, procesamiento y despliegue de los datos. Escogimos un número de gráficas de uso co-

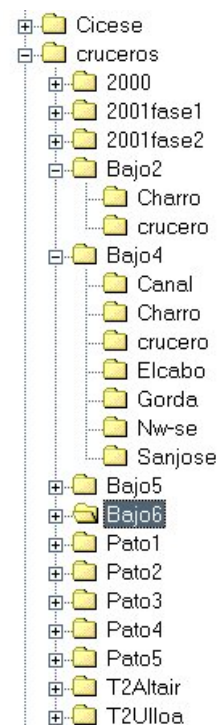


Fig. 1. Organización de la base de datos en la computadora. Cada directorio contiene los datos de diferentes cruceros y a su vez, cada crucero incluye los diferentes transectos en sus respectivos subdirectorios.

mún, como el diagrama de posiciones del crucero o del transecto, diagrama T-S, secciones verticales de temperatura, salinidad, densidad potencial, frecuencia de Brunt-Väisälä, y de velocidad geostrofica. Agregamos además la posibilidad de remover valores erróneos de los datos. Esto último añade versatilidad al programa porque permite visualizar datos antes del procesamiento final y localizar fuentes de error.

Al desplegar cada gráfico se tiene la opción de guardar las variables utilizadas para la obtención del mismo. Esto se hace guardando un archivo de datos en formato de matlab (*.mat) en el mismo directorio de los datos fuente. Ello permite exportar un conjunto determinado de valores a otras aplicaciones o programas.

Los únicos requisitos de la base de datos son que cada lance esté interpolado a un intervalo constante de 1 db y que se cuente con datos de presión y cualquiera de las otras dos variables (temperatura o salinidad). Si se carece de alguna de las últimas solo debe agregarse una columna de banderas (v.g. 0, no acepta NaN's -not a number-), del mismo tamaño que la columna de presión, en el archivo final del lance. El encabezado solo debe incluir la posición del lance; los demás datos son prescindibles. Se incluye su lectura porque agrega la capacidad de consultarlos o graficarlos dentro de MATLAB si fuera necesario (de momento no se incluyen rutinas de graficado específicas para este fin).

INSTRUMENTACIÓN

Los datos provienen de sondas de temperatura, conductividad y profundidad (CTDs) de diferentes modelos. En la base de datos hay observaciones hechas con CTDs SBE 19, SBE 25, SBE 9/11 de SEABIRD Electronics y Mark III de General Oceanics. Todos incluyen sensores de temperatura, conductividad y presión. Estos instrumentos muestrean la columna de agua con diferentes frecuencias: de 2 Hz. para el SBE 19 (Fig. 2a), de 8 Hz. para el SBE 25 (Fig. 2b), 24 Hz. para el SBE 9/11 (Fig. 2c) y 32 Hz. para el Mark III (Fig. 2d). En todos los casos la velocidad óptima de perfilado es de alrededor de 1 ms^{-1} . Solo se incluyen datos de perfiles tradicionales y no se incluyen, por ejemplo, transectos con CTD ondulante, cuyo procesamiento se describe en Trasviña (1999). En todos los casos los datos se limpiaron de errores obvios y se interpolaron a intervalos constantes de presión de 1 db antes de su inclusión en la base de datos.

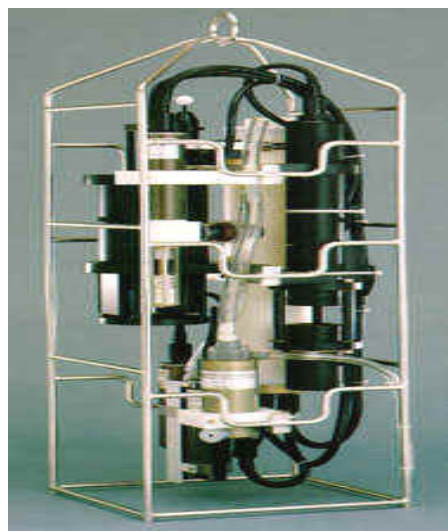


Fig. 2b. Sealogger CTD SBE 25.



Fig. 2c. CTD SBE 911 plus.



Fig. 2a. SEACAT Profiler SBE 19.



Fig. 2d. Mark III General Oceanics.

UN MÉTODO DE VISUALIZACIÓN Y DE ORGANIZACIÓN DE DATOS

Para lograr la estandarización de la base de datos en proceso se requiere que inicialmente hagamos uso de *programas propietarios* de los diferentes instrumentos para la conversión de datos “crudos” a un formato manejable por procesadores de texto. Posteriormente estandarizamos los datos al formato ASCII del Departamento de Oceanografía Física del CICESE. Esto no es indispensable, podríamos haber escrito una rutina de lectura para cada conjunto de datos, pero este paso simplifica la lectura de la información. Además, el formato ASCII que escogimos permite concentrar en un solo archivo los principales datos auxiliares que se toman rutinariamente en cada estación de muestreo.

El sistema de post-procesamiento y visualización se desarrolló en el lenguaje de programación MATLAB, para lo que se desarrolló una interfase gráfica (*grafdat*) que sirve como menú principal, desde el cual se llaman las diferentes funciones.

El post-procesamiento y visualización se divide en varias etapas:

- Inicio de la interfase gráfica dentro de MATLAB (*grafdat*).
- Lectura de los datos correspondientes a un transecto o cruceo completo: En esta fase también se lee y organiza la información según las necesidades de los programas subsiguientes de procesamiento o visualización (*readctd*).
- Opcional: en cualquier momento es posible eliminar los datos con ceros, o cantidades menores y/o mayores a valores indicados por el usuario: (*depura* y *depura2*).
- Visualización de las posiciones de la sección o transecto en cuestión: (*postrans*).
- Visualización de las posiciones del cruceo: (*poscruce*).
- Visualización del diagrama T-S para los mismos datos: (*tsppal*).
- Visualización de las secciones verticales de temperatura, salinidad, densidad potencial y frecuencia de Brunt-Väisälä: (*seccion*).
- Visualización de las secciones verticales de sus velocidades geostroficas: (*velgeo*).
- Opción que guarda las principales variables utilizadas para la obtención de los gráficos: (*guardato*).

Nótese que para la lectura de transectos se utiliza un archivo de nombres que incluye la trayectoria en donde se encuentran los datos. Para dar mayor flexibilidad a este paso, el archivo de nombres puede estar en cualquier lugar pero debe incluir la información completa de la trayectoria de los archivos de lances en cada renglón. Sin embargo, es recomendable que los

archivos de nombres se encuentren siempre dentro del directorio escogido para la base de datos, un nivel por encima de los lances. De esta forma sólo será necesario incluir la trayectoria de los lances a partir de ese nivel hacia abajo. Esto es importante porque evita modificar los archivos de nombres si la base de datos se cambia de lugar (por ejemplo, de un disco D: a un disco F:, o a un disco óptico).

En la siguientes figuras se muestran ejemplos de organización (Fig. 3a) y del archivo de nombres (Fig. 3b) localizados en sus trayectorias asignadas (dentro de la base de datos), y otros que se encuentra fuera de la base de datos (Fig. 3c y Fig. 3d). En los pies de figura se explica la forma que debe tomar el archivo de nombres para estos casos.

Nombre	Tama.	Tipo
Charro2	1 KB	Archivo DAT
DCHAR001	8 KB	Archivo PRO
DCHAR002	16 KB	Archivo PRO
DCHAR003	20 KB	Archivo PRO
DCHAR004	20 KB	Archivo PRO
DCHAR005	18 KB	Archivo PRO
DCHAR006	9 KB	Archivo PRO
DCHAR007	12 KB	Archivo PRO
DCHAR008	13 KB	Archivo PRO
DCHAR009	10 KB	Archivo PRO
DCHAR010	11 KB	Archivo PRO
DCHAR011	21 KB	Archivo PRO
DCHAR014	22 KB	Archivo PRO
DCHAR015	22 KB	Archivo PRO
DCHAR018	22 KB	Archivo PRO
DCHAR019	22 KB	Archivo PRO
DCHAR020	22 KB	Archivo PRO

Fig. 3a. Después de localizar el subdirectorio del cruceo, localizamos el subdirectorio interno que contiene los datos del transecto de interés. Aquí debe estar también el archivo de nombres el cual puede tener el mismo nombre que el subdirectorio del transecto.

```
CHARRO2.DAT
-----|
DCHAR001.pro
DCHAR002.pro
DCHAR003.pro
DCHAR004.pro
DCHAR005.pro
DCHAR006.pro
DCHAR007.pro
DCHAR008.pro
DCHAR009.pro
DCHAR010.pro
DCHAR011.pro
DCHAR014.pro
DCHAR015.pro
DCHAR018.pro
DCHAR019.pro
DCHAR020.pro
```

Fig. 3b. Archivo de nombre (.DAT) que contiene a los diferentes lances o estaciones hidrográficas del transecto. No incluye la trayectoria de los archivos de datos, por estar localizado en la misma trayectoria.

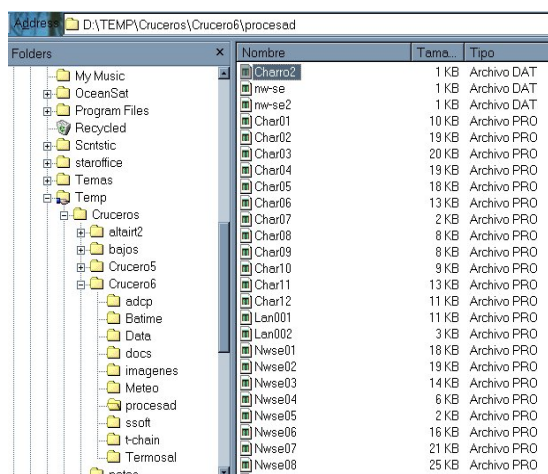


Fig. 3c. Cuando los datos están en trayectorias arbitrarias podemos leer un archivos de nombres que incluya las trayectorias de los diferentes conjuntos de datos.

```
Charro2.dat
-----+
d:\TEMP\Cruceros\Crucero6\procesad\CHAR01.PRO
d:\TEMP\Cruceros\Crucero6\procesad\CHAR02.PRO
d:\TEMP\Cruceros\Crucero6\procesad\CHAR03.PRO
d:\TEMP\Cruceros\Crucero6\procesad\CHAR04.PRO
d:\TEMP\Cruceros\Crucero6\procesad\CHAR05.PRO
d:\TEMP\Cruceros\Crucero6\procesad\CHAR06.PRO
d:\TEMP\Cruceros\Crucero6\procesad\CHAR07.PRO
d:\TEMP\Cruceros\Crucero6\procesad\CHAR08.PRO
d:\TEMP\Cruceros\Crucero6\procesad\CHAR09.PRO
d:\TEMP\Cruceros\Crucero6\procesad\CHAR10.PRO
d:\TEMP\Cruceros\Crucero6\procesad\CHAR11.PRO
d:\TEMP\Cruceros\Crucero6\procesad\CHAR12.PRO
```

Fig. 3d. Archivo de nombre (.DAT) que contiene las trayectorias de diferentes lances o estaciones hidrográficas.

ESTANDARIZACIÓN DE ARCHIVOS A PARTIR DE LA SALIDA DE LOS PROGRAMAS PROPIETARIOS

➔ **Entrada:** archivo de datos crudos capturados del CTD.

⬅ **Salida:** archivo estándar de datos crudos (convertido a ASCII).

Los datos recuperados de CTD contienen la información almacenada en un archivo el cual es un ciclo de bajada y subida. Cada archivo es traducido a ASCII usando los *programas propietarios* del equipo. Tal y como esta diseñada la función *readctd*, el archivo de datos de entrada debe ser acompañado de un encabezado como el que se muestra en la Fig. 3e. La presión debe iniciar en 0 pero se utilizan banderas NaN ('not a number') donde no hay información.

Para lograr la estandarización final del archivo, como en la Fig. 3e, se proporcionan ejemplos de dos funciones MATLAB que deben ser modificadas en cada caso por el usuario. La primera llamada *leetran*, la cual a su vez llama a otra función lla-

ESTACION	LANCE	LATITUD	LONGITUD	DD	MM	AA
Charro01	018	24 37.40	110 24.67	24	11	97

HORA [UTC]	PROFTOT (m)	PROFLAN (m)	VIENTO: MAG (m/s)	DIR
99:99	-999	322	-99	-99

TEMPSUP (°C)	HR (%)	TEBUSE (°C)	INS	FUENTE: A. TRASVINA
-9.9	-9	-999		SBE9/11

presion (db)	temp. (°C)	Sal. (ups)
0	NaN	NaN
1	NaN	NaN
2	NaN	NaN
3	27.094	34.6976
4	27.100	34.6963
5	27.099	34.6966
6	27.112	34.6966
7	27.115	34.6979
8	27.114	34.6979
9	27.114	34.6982
10	27.115	34.6988
11	27.112	34.6986
12	27.112	34.6980
13	27.112	34.6999

Fig. 3e. Archivo de datos de tipo ASCII (DCHAR001.pro) conteniendo el encabezado con la información de su bitácora asignada al lance del transecto en el crucero correspondiente y los parámetros utilizados para el análisis y visualización de diferentes opciones oceanográficas.

mada *leearch*. Es conveniente hacer una copia con nombres diferentes de *leetran* para cada transecto, agregando tantas funciones como archivos de datos.

La función *leearch* también tiene que ser diferente para cada transecto, ya que la salida ASCII de los programas propietarios, como el número y posición de las columnas de los datos que deseamos incorporar pueden variar. Diferentes cruceros son realizados por diferentes usuarios, convertidos a ASCII en formas distintas, los encabezados generalmente no se escriben de forma estándar y pueden tener diferente número de líneas de datos. Por esto su lectura no puede ser estándar y tenemos que adaptar la función *leearch* a cada transecto.

Llamada a las funciones leetran.m y leearch.m, dentro de MATLAB:

leetran (*leearch*('nom-arch-datos.*'))

Es ejecutada tantas veces como archivos de datos existan en el transecto.

leearch (nom-arch)

➔ **Entrada:** nom-arch. (del subdirectorio del transecto de cada crucero).

⬅ **Salida:** nom-arch-datos estandarizados con otra extensión diferente para no perder los datos originales.

Procesamiento en MATLAB: menú principal

Dentro de MATLAB se inicia el programa *grafdat* (Fig. 3f). En su primera opción escogemos el crucero o transecto que queremos graficar y analizar (Fig. 3g). Después de leer los datos, abre una nueva pantalla de MATLAB que muestra el menú principal del programa (Fig. 3h) con las diferentes opciones de visualización o procesamiento.

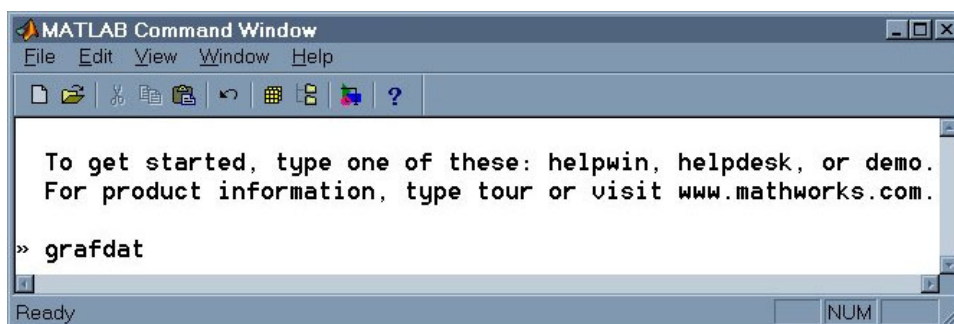


Fig. 3f. Dentro de la línea de comandos de MATLAB damos el nombre del programa grafdat para que seleccionemos el crucero que necesitamos observar.



Fig. 3g. Primeramente escogemos el crucero y luego abrirá otra ventana similar a esta preguntando por la sección que queremos analizar de dicho crucero, para terminar con la selección del archivo.

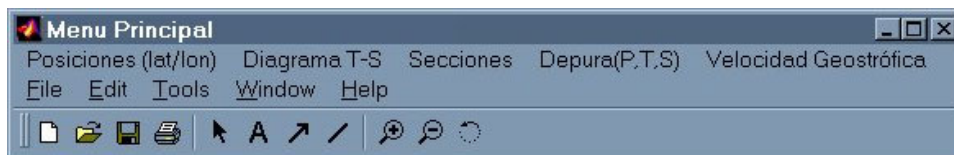


Fig. 3h. Pantalla de inicio para la visualización de los parámetros oceanográficos (P,T,S).

→ **Entrada:** archivo de nombres. Incluyendo la trayectoria si es necesario (ver Fig. 3b y Fig. 3d).

← **Salida:** matrices de presión, temperatura, salinidad, posición, día, mes, año, hora, minuto, profundidad total, profundidad del lance, variación magnética, dirección del viento, temperatura superficial, temperatura de bulbo húmedo, temperatura de bulbo seco, instrumento, temperatura mínima, temperatura máxima, salinidad mínima, salinidad máxima. En la salida se genera una interfase gráfica que muestra las diferentes opciones de graficado o procesamiento.

Dentro de **grafdat** la función que realiza la lectura es **readctd**:

Llamada a la función readctd.m, dentro de MATLAB:

[p,t,s,posición,día,dd,mm,aa,hh,mi,proft,profl,magv,dirv,tsup,

tbhum,tbsec,inst,P,T,S,mintemp,maxtemp,minsali,maxsali] = **readctd**(fname,trayec);

→ **Entrada:**

fname: nombre del archivo de datos.

trayec: trayectoria del archivo de datos.

← **Salida:** matrices, vectores y escalares de los datos de P,T,S y del encabezado.

GRÁFICAS DE LAS POSICIONES DE LA SECCIÓN (TRANSECTO) O DEL CRUCERO

Esta opción nos permite graficar las diferentes posiciones dentro de un transecto y tiene la opción de graficar todo el crucero. La siguiente pantalla (Fig. 3i) muestra cómo se observan

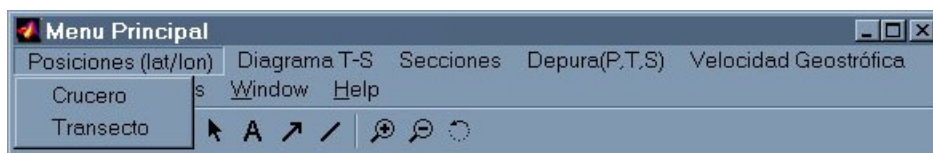


Fig. 3i. Menú Principal mostrando las opciones que se pueden graficar, tanto las posiciones del transecto en análisis como las posiciones de todo el crucero de ese transecto.

estas opciones mencionadas anteriormente. Las funciones de graficado (*postrans*, *poscruce*) se llaman con un clic en la interfase gráfica. Abajo se explica su funcionamiento, aunque el usuario no tiene que interactuar directamente con ellas.

Llamada a las funciones *postrans.m* y *poscruce.m*, dentro de MATLAB:

postrans(posición, transecto, nombrec, fecha)

➔ *Entrada*: matriz de posiciones, nombre del transecto, nombre del crucero y fecha (de *readctd*).

⬅ *Salida*: pantalla de MATLAB, mostrando las posiciones únicamente del transecto.

poscruce(trayec, fecha)

Esta función toma las posiciones del crucero del directorio *crucero* que debe formar parte de la base de datos (ver la de organización de la base de datos en la introducción).

➔ *Entrada*: matriz de posiciones, nombre del crucero y fecha. Toma los datos del directorio *crucero*.

⬅ *Salida*: pantalla de MATLAB, mostrando las posiciones del crucero. Esta pantalla tiene la opción de incluir líneas de costa. Los archivos con las líneas de costa deben estar en el mismo directorio que el programa *grafdat*. El paquete de programas incluye ejemplos de estos archivos.

OBTENCIÓN DEL GRÁFICO DE DIAGRAMA T-S

La visualización del diagrama T-S, además de identificar las masas de agua presentes, sirve para encontrar errores en los datos. Un error detectado en la salida gráfica puede ser corregido por la función *depura* o *depura2*, según se explica adelante. La opción de asignación de esta pantalla es dada a continuación por la Fig. 3j.

Una vez que se obtiene esta pantalla podemos observar que además contamos con las opciones de eliminar o colocar los Ejes y la Malla (Grid) y, además, Guarda Datos, en donde se almacenarán las variables necesarias para la generación de dicho gráfico con un nombre de archivo adecuado al mismo.

Llamada a la función *tsppal.m*, dentro de MATLAB:

[zsal, Lat, Long, ypres, t2, trayec] = *tsppal*(T, S, transecto, nombrec, fecha)

➔ *Entrada*: matrices de temperatura y salinidad, nombre del transecto, nombre del crucero y fecha (de *readctd*).

⬅ *Salida*: pantalla de MATLAB, mostrando el diagrama T-S del transecto seleccionado.

OBTENCIÓN DE LOS GRÁFICOS DE SECCIONES VERTICALES DE TEMPERATURA, SALINIDAD, DENSIDAD POTENCIAL Y FRECUENCIA DE BRUNT-VÄISÄLA, POR MEDIO DE MAPAS DE CONTORNOS O DE COLOR

En la Fig. 3k observamos múltiples opciones de gráficos. Dependiendo de nuestras necesidades de observación y análisis, estos pueden presentarse en mapas de contornos o de color. Una vez escogido el tipo de gráfica se decide cuál de las secciones verticales (temperatura, salinidad, densidad potencial o frecuencia de Brunt-Väisäla) se desea visualizar y posteriormente podemos observar que también contamos con las opciones de eliminar o colocar los Ejes y la Malla (Grid), y además, Guarda Datos, en donde se almacenarán las variables necesarias para la generación de dicho gráfico con un nombre de archivo adecuado al mismo.

Llamada a la función *seccion.m*, dentro de MATLAB:

[zsal, Lat, Long, ypres, t2, trayec] = *seccion*(arg1, arg2, arg3, arg4, arg5, arg6, arg7, arg8, arg9, arg10, arg11)

➔ *Entrada* (de *readctd*)

arg1: matriz de temperatura o salinidad, según sea el caso.

arg2: matriz de salinidad o temperatura, según sea el caso.

arg3: matriz de presión.

arg4: mínimo de temperatura o salinidad, según sea el caso.

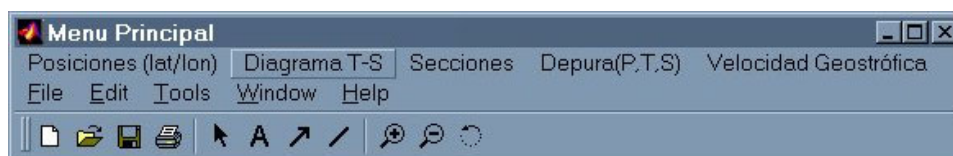


Fig. 3j. En esta opción del menú únicamente graficamos el Diagrama T-S.



Fig. 3k. En esta pantalla de menú observamos los cuatro diferentes tipos de gráficos que podemos mostrar en la Sección de Contornos. También en la Sección de Mapas de Color se tienen los mismos cuatro diferentes tipos de gráficos.

arg5: máximo de temperatura o salinidad, según sea el caso.

arg6: texto de temperatura, salinidad, densidad potencial, o frecuencia de Brunt-Väisälä, según sea el caso.

arg7: 1 para contornos, 0 para mapas de color, según sea el caso.

arg8: nombre del transecto.

arg9: nombre del crucero.

arg10: matriz de posiciones.

arg11: fecha del transecto o crucero.

← **Salida:** Pantalla de MATLAB graficando, según sea el caso (zsal), mapa de contorno o de color de la sección seleccionada (temperatura, salinidad, densidad potencial o frecuencia de Brunt-Väisälä).

OPCIÓN PARA LA DEPURACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE TEMPERATURA Y SALINIDAD. VALORES IGUALES A CERO O BIEN, VALORES MENORES O MAYORES A CIERTO CRITERIO.

Cuando en el diagrama T-S encontramos valores lejanos a los límites esperados de temperatura o de salinidad, es posible limpiar los datos mediante una de las dos opciones de depuración en el menú principal (Fig. 3l).

Llamada a las funciones depura.m y depura2.m, dentro de MATLAB:

Para quitar ceros:

$[P,T,S,\text{mintemp},\text{maxtemp},\text{minsali},\text{maxsali}] = \text{depura}(P,T,S,\text{mintemp},\text{maxtemp},\text{minsali},\text{maxsali})$

→ **Entrada:** P,T,S,mintemp,maxtemp,minsali,maxsali.

P: matriz de Presión.

T: matriz de Temperatura.

S: matriz de Salinidad.

mintemp: valor mínimo de la temperatura para colocar el límite inferior de su eje.

maxtemp: valor máximo de la temperatura para colocar el límite superior de su eje.

minsali: valor mínimo de la salinidad para colocar el límite inferior de su eje.

maxsali: valor máximo de la salinidad para colocar el límite superior de su eje.

← **Salida:** pantalla de MATLAB, mostrando el diagrama T-S pero sin valores de cero en los datos de P,T,S. Los ceros en las matrices PTS se sustituyen con NaN's

Para quitar valores fuera del rango normal:

$[P,X,\text{mintemp},\text{maxtemp}] = \text{depura2}(P,X,\#, \text{valor})$

→ **Entrada:** P,T,#,valor.

P: matriz de Presión.

X: matriz, según sea el caso de depuración (Temperatura o Salinidad).

#: Puede ser 1 (condición <) o 2 (condición >).

valor: criterio impuesto por el usuario

← **Salida:** pantalla de MATLAB, mostrando el diagrama T-S pero con los nuevos datos actualizados de temperatura o de salinidad, según sea el caso. Los datos fuera de rango se sustituyen con NaN's.



Fig. 3l. Aquí se muestran las dos opciones que podemos tener en la depuración de ciertos valores de temperatura, aparte de valores iguales a cero. Estas mismas opciones existen para la salinidad.

PROCESAMIENTO EN MATLAB, OCTAVA FASE: OBTENCIÓN DEL GRÁFICO DE LAS SECCIONES VERTICALES DE LAS VELOCIDADES GEOSTRÓFICAS

En la Fig. 3m, podemos ver las diferentes opciones para graficar la velocidad geostrófica. Es posible asignar un nivel de referencia o tomar el nivel común a cada 2 estaciones del transecto. Ambas opciones tienen la posibilidad de aplicar un filtro horizontal. El filtrado horizontal se utiliza para remover efectos de fluctuaciones de alta frecuencia que no estarían en balance geostrófico. Sin embargo, se utiliza solamente un mínimo de tres estaciones para conservar la generalidad del procedimiento. Se utiliza el filtro pasabajo de Godin (Godin, 1972). Una vez que se obtiene esta pantalla podemos observar que además contamos con las opciones de eliminar o colocar los Ejes y la Malla (Grid), y además Guarda Datos, en donde se almacenarán las variables necesarias para la generación de dicho gráfico con un nombre de archivo adecuado al mismo.

Llamada a la función *velgeo.m*, dentro de MATLAB:

[zsal,Lat,Long,ypres,t2,trayec]=*velgeo*(P,T,S,posición,q,iq,fecha)

➔ *Entrada:* P,T,S,posición,q,iq,fecha (de *readctd*)

P: matriz de Presión.

T: matriz de Temperatura.

S: matriz de Salinidad.

posición: matriz de latitudes y longitudes de c/u de las estaciones del transecto.

q: variable que contiene el valor de "n" para el nivel común. **La opción de nivel común a una pareja de lances sólo deberá utilizarse cuando se tienen lances hasta el fondo.**

iq: variable que puede tener el valor de "s" para utilizar el filtro o "n" para no usarlo.

⬅ *Salida:* pantalla de MATLAB, mostrando las velocidades geostróficas del transecto seleccionado.

long: longitud de la posición en la matriz de la velocidad geostrófica.

lattg: latitud de la posición en la matriz de la velocidad geostrófica.

PP: matriz de Presión en la matriz de la velocidad geostrófica.

gvel: matriz de la velocidad geostrófica.

Cuando el usuario selecciona la opción para asignar el nivel de referencia, la función que será llamada (*velgeor*) es muy similar a *velgeo*, sólo que en los argumentos de entrada contará con uno más (ref), el que es dado en pantalla por medio de un interfaz gráfico.

Llamada a la función *velgeor.m*, dentro de MATLAB:

[zsal,Lat,Long,ypres,t2,trayec]=*velgeor*(P,T,S,posición,q,iq,ref,fecha)

➔ *Entrada:* P,T,S,posición,q,iq,fecha (de *readctd*)

P: matriz de Presión.

T: matriz de Temperatura.

S: matriz de Salinidad.

posición: matriz de latitudes y longitudes de cada una de las estaciones del transecto.

q: variable que contiene el valor de "s" para utilizar el nivel de referencia.

iq: variable que puede aceptar el valor de "s" para utilizar el filtro o "n" para no usar el filtro.

ref: Nivel de referencia dado en pantalla por el usuario.

⬅ *Salida:* pantalla de MATLAB, mostrando las velocidades geostróficas del transecto seleccionado.

long: longitud de la posición en la matriz de la velocidad geostrófica.

lattg: latitud de la posición en la matriz de la velocidad geostrófica.

PP: matriz de Presión en la matriz de la velocidad geostrófica.

gvel: matriz de la velocidad geostrófica.

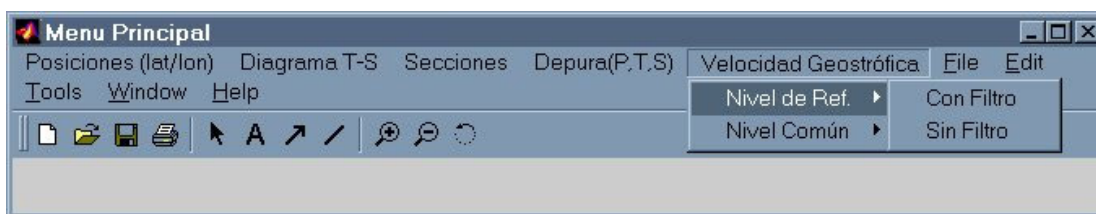


Fig. 3m. Menú mostrando las diferentes opciones de graficado que podemos observar referente a las Velocidades Geostróficas. Vemos que en el Nivel de Referencia podemos además utilizar dos opciones con filtro o sin filtro. Lo mismo sería también para el Nivel Común.

PROCESAMIENTO EN MATLAB, NOVENA FASE: OBTENCIÓN DE LAS PRINCIPALES VARIABLES UTILIZADAS PARA LA VISUALIZACIÓN DEL GRÁFICO CORRESPONDIENTE A CADA UNA DE LAS SECCIONES VERTICALES (DE TEMPERATURA, SALINIDAD, DENSIDAD POTENCIAL, FRECUENCIA DE BRUNT-VÄISÄLA Y VELOCIDAD GEOSTRÓFICA), ASÍ COMO EL DIAGRAMA T-S

Una vez que el parámetro seleccionado es visualizado en una pantalla, en la barra de menú del gráfico, podemos observar, entre otras opciones una que dice *guardato* la cual, al momento de seleccionarla guarda la latitud, la longitud, la presión y la variable a graficar (temperatura, salinidad, frecuencia, densidad potencial, frecuencia de Brunt-Väisälä, y velocidad geostrófica), a un archivo tipo matriz de datos (.MAT) de MATLAB con un nombre adecuado al tipo de variable o gráfico. Un ejemplo de esta pantalla se muestra en la Fig. 3n.

Llamada a la función *guardato.m*, dentro de MATLAB:

guardato(t2,zsal,Lat,Long,ypres,trayec)

➔ **Entrada:** título del gráfico, matriz de la variable en cuestión, vectores de latitud, longitud y presión y la trayectoria donde se grabarán las variables de salida.

⬅ **Salida:** archivo tipo matriz de datos (.MAT) conteniendo la variable analizada, latitud, longitud y presión, el cual es colocado en su trayectoria correspondiente dada por los argumentos de entrada.

INSTALACIÓN DE LA HERRAMIENTA- PAQUETERÍA DE VISUALIZACIÓN Graf_Dat

El paquete de visualización de los datos de CTD, así como los archivos complementarios (v.g. líneas de costa), se colocan dentro de un subdirectorío llamado Graf_Dat, el cual, a su vez, cuenta con otro subdirectorío llamado "toolgraf". En este último se encuentran las subrutinas y funciones creadas por otros usuarios, como son los paquetes de herramientas de OCEANS y SEAWATER, entre otras. El subdirectorío Graf_Dat es instalado dentro del directorío toolbox de MATLAB (ver Fig. 4a). Después agregamos "Graf_Dat" y "toolgraf" a las trayectorias búsqueda de subdirectoríos de MATLAB (ver Fig. 4b.). Es importante salvar estas dos nuevas trayectorias antes de salir de la pantalla de trayectorias de MATLAB. Finalmente se encuen-

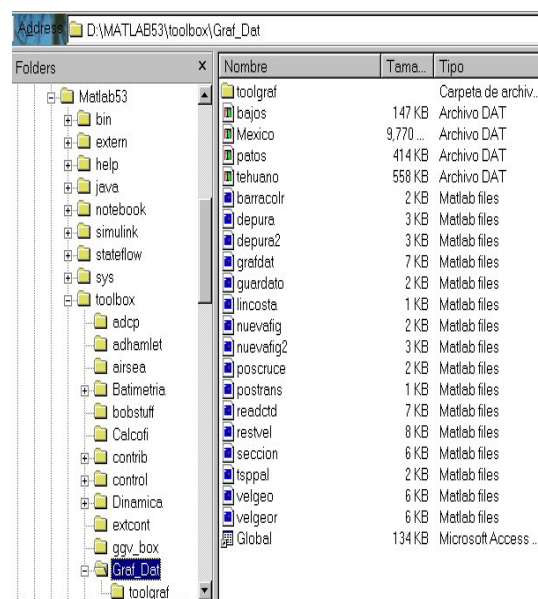


Fig. 4a. En la siguiente figura observamos que se encuentra colocado el subdirectorío Graf_Dat dentro toolbox de MATLAB, en este caso 5.3, así como su toolgraf.

tra listo para correr el programa *grafdat*. En caso de encontrar problemas, el usuario puede comunicarse a mcosio@cicese.mx.

UN EJEMPLO GRÁFICO DE VISUALIZACIÓN CON *grafdat*

Generalmente iniciamos con el gráfico de posiciones, que puede ser para todo el crucero (Fig. 5a.), o únicamente el transecto seleccionados (Fig. 5b). Esta opción solo funciona si tenemos el directorío *crucero* dentro de la base de datos.

Podemos continuar con un diagrama T-S (Fig. 5c).

Una de las opciones más completas es la visualización de secciones verticales. Puede hacerse por medio de contornos (Fig. 5d), o mapas de falso color. Ambas opciones permiten visualizar los campos de temperatura (Fig. 5e), salinidad (Fig. 5f), densidad potencial (Fig. 5g) o frecuencia de Brunt-Väisälä (Fig. 5h).

La última de las opciones es graficar las velocidades geostróficas, ya sea con nivel de referencia o nivel común a 2 estaciones, y además, con filtro o sin filtro en ambos casos. Las siguientes ilustraciones muestran un ejemplo de velocidades geostróficas con nivel común con filtro (Fig. 5i) y sin filtro (Fig. 5j).

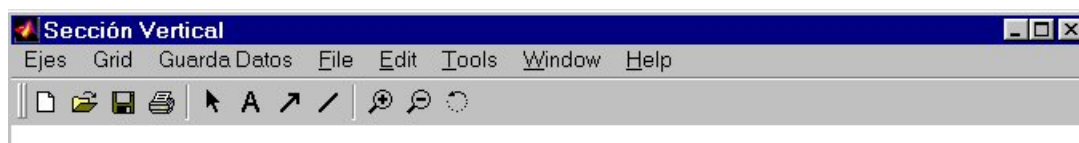


Fig. 3n. Menú mostrando la barra de opciones que se tienen cuando se grafica algún parámetro. Como podemos observar, la opción Guarda Datos se encuentra entre ellas.

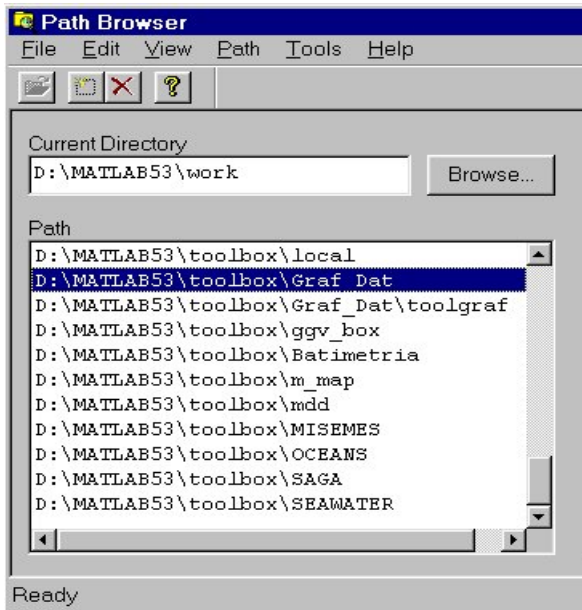
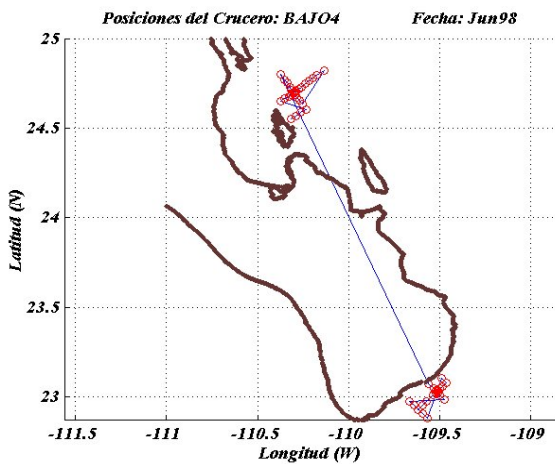


Fig. 4b. Aquí se observa que ya se encuentran agregadas a las trayectorias de búsqueda de las diferentes herramientas-paquetarias de MATLAB, entre otras.



En la Fig. 5a se pueden ver los transectos y cada una de sus estaciones del crucero mostrado, además de la línea de costa sirviendo como referencia.

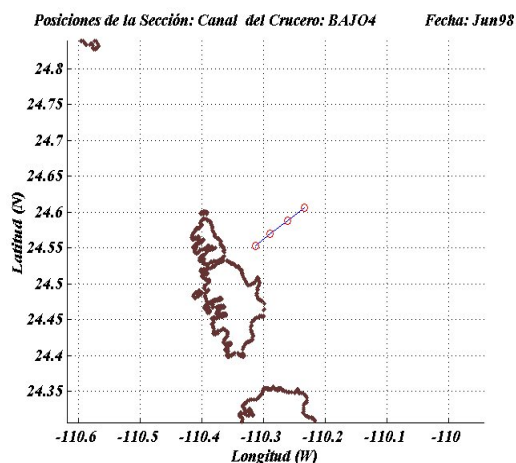


Fig. 5b. Muestra de una sección o transecto de todo el crucero.

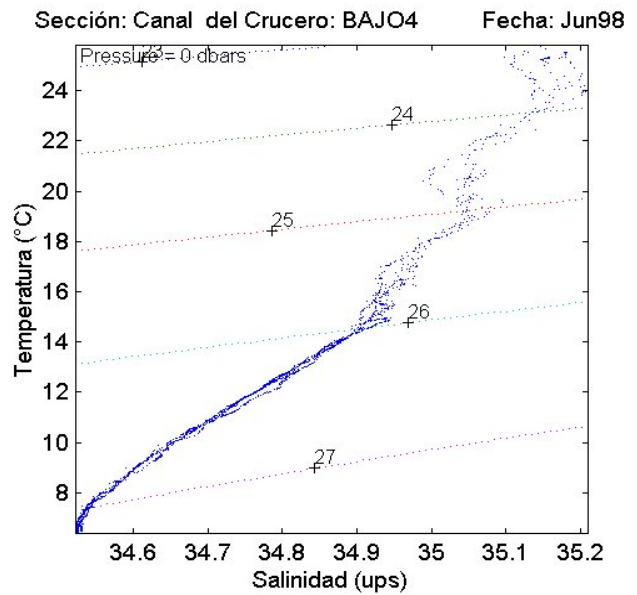


Fig. 5c. El Diagrama T-S nos ayuda a detectar rápidamente la naturaleza de las diferentes masas de agua predominantes en el crucero analizado en este ejemplo.

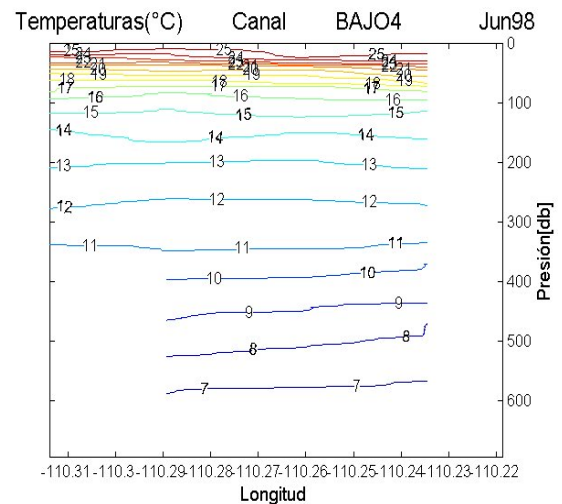


Fig. 5d. Sección Vertical de Temperatura por medio de Contornos.

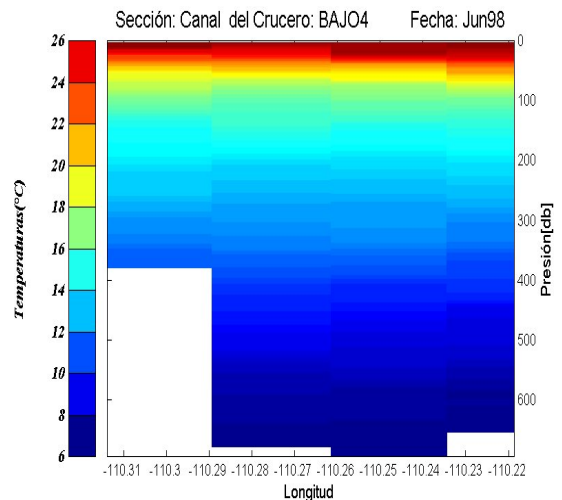


Fig. 5e. Sección Vertical de Temperatura por medio de Falso Color.

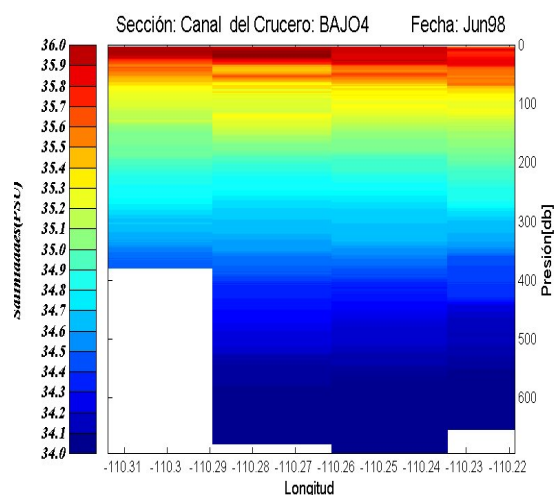


Fig. 5f. Sección Vertical de Salinidad por medio de Falso Color.

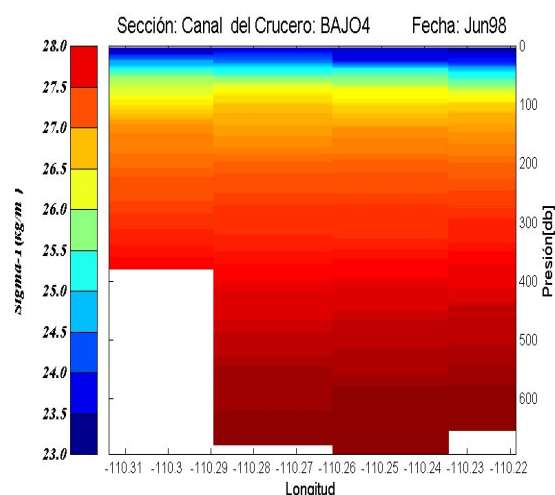


Fig. 5g. Sección Vertical de Densidad Potencial por medio de Falso Color.

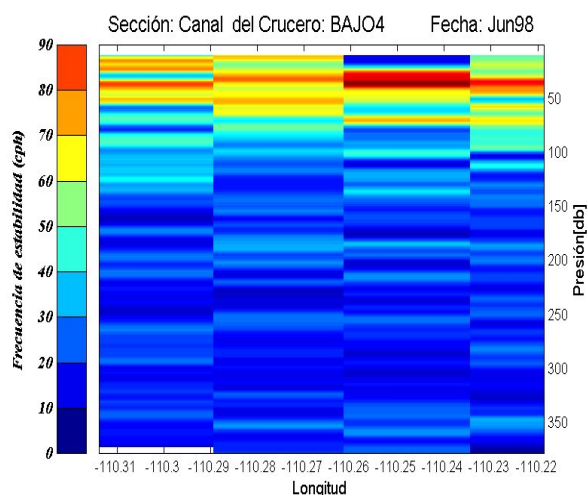


Fig. 5h. Sección Vertical de la Frecuencia de Brunt-Väisälä por medio de Falso Color.

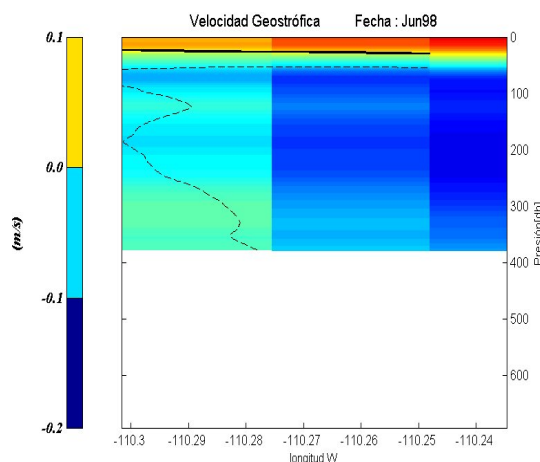


Fig. 5i. Velocidades Geostroficadas con Nivel Común y Filtro.

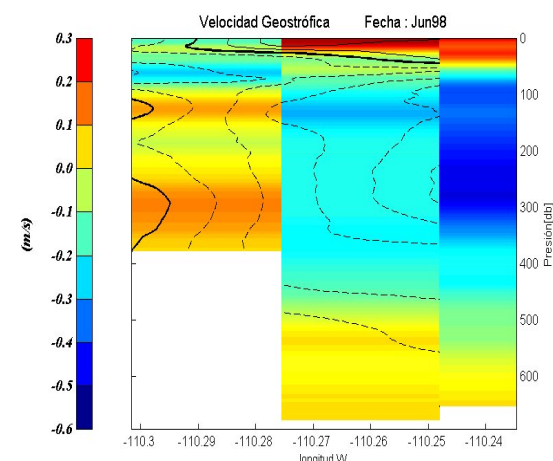


Fig. 5j. Velocidades Geostroficadas con Nivel Común y sin Filtro.

COMENTARIOS FINALES

El principal objetivo de este trabajo es proponer una forma sencilla de estandarización, organización y visualización de datos de CTD. El programa que se presenta puede realizar un análisis rápido y flexible de secciones verticales de diferentes variables oceanográficas medidas y calculadas.

Es posible agregar con facilidad nuevos datos y, dada la construcción modular del programa, la capacidad de crecimiento solamente está limitada por las necesidades del usuario. Es fácil agregar nuevos módulos para visualizar variables nuevas (v.g., oxígeno, nutrientes) o cálculos distintos a los aquí propuestos.

Finalmente, la organización que escogimos dentro de la base de datos permite visualizar desde series de cruceros hasta lances individuales a través de los *archivos de lances*. En un archivo de lances podemos incluir manualmente un solo lance o todos aquellos datos en una sola posición, a través del tiempo, o reunir todos los lances realizados en una serie de transectos. Se prefirió esta opción manual para mantener la sencillez del diseño del programa y del formato de entrada de los datos.

En cuanto a sus limitaciones, *grafdat* actualmente sólo analiza secciones verticales. No es capaz de visualizar planos horizontales o volúmenes de datos pero se piensa programarlos en una fase posterior.

REFERENCIAS

- General Oceanics, Inc., 1998. Oceansoft ctd data acquisition and post processing software. Technical Manual.
- Godin, G., 1972. The analysis of tides. University of Toronto Press, p. 65.
- Nakamura, S., 1997. Análisis numérico y visualización gráfica con matlab. Prentice Hall, 1a. edición, pp. 476.
- Sea-Bird Electronics, Inc., 1993. Seasoft ctd data acquisition software. Technical Manual ver. 4.029. pp. 99.
- The Math Works, Inc., 1996. Matlab, the lenguaje of technical computing. Using matlab graphics, ver. 5.3, pp. 330.
- Trasviña, A., 1999. Procesamiento de datos de CTD ondulante. GEOS, v.19-1, p. 33-43.