

Tutorial 03 LiveCROCO: Simulación Climatológica

1. Propósito

En este tutorial revisaremos como realizar una climatología del dominio de Benguela en la máquina virtual LiveCROCO, los archivos importantes para este tipo de simulaciones, y la validación de esta.

2. Creando el directorio de trabajo CLIMATOLOGIA

El ejemplo más sencillo de CROCO es la configuración llamada BENGUELA_LR que corresponde a un dominio de la zona de surgencia de Benguela de baja resolución (de ahí el LR : *Low Resolution*). Esta configuración es la que viene por defecto en el código de CROCO y lo que haremos es similar a lo descrito en Penven et al. (2001).

Es muy recomendable probar nuevas opciones del código CROCO en este dominio antes de intentarlo en un dominio mas complejo o que demore mucho mas en tiempo de cálculo. El primer paso es abrir un terminal y en ese terminal escribir

```
1 cd Desktop
```

y después editar el archivo `create_config.bash` con las instrucciones para crear un nuevo directorio de trabajo que llamaremos **CLIMATOLOGIA**

```
1 nano create_config.bash
```

y modificar el nombre de la configuración,

```
1 #
2 # Name of the configuration directory defined by the user
3 #
4 MY_CONFIG_NAME='CLIMATOLOGIA'
5 #
```

Los caminos de búsqueda de las variables `CROCO_DIR`, `SOURCES_DIR`, y `TOOLS_DIR`, están predefinidos y deberían ser los correctos.

Después ejecute la instrucción

```
1 ./create_config.bash
```

3. Los archivos de entrada

Los archivos de entrada que leerá el ejecutable `croco` los crearemos con la herramienta `CROCO_TOOLS`. Esta depende principalmente de dos archivos, el `oct_start.m` y el `crocotools_param.m`

3.1. oct_start.m

Este archivo define los caminos de búsqueda para las funciones que usará la herramienta `CROCO_TOOLS`.

3.2. crocotools_param.m

Este archivo es muy importante pues acá definimos la región de estudio y las dimensiones de los archivos de entrada, que deben ser compatibles con las definidas anteriormente en el `param.h`.

En esta ocasión cambiaremos la línea

```

1 %
2 makeplot = 0;      % 1: create graphics after each preprocessing step
3 %

```

a

```

1 %
2 makeplot = 1;      % 1: create graphics after each preprocessing step
3 %

```

para ver unos gráficos de los archivos de entada que son creados.

3.3. Usando Octave

Para crear los archivos de entrada usando Octave, las instrucciones a usar, desde el directorio de trabajo **CLIMATOLOGIA** son

```

1 octave-cli

```

Dentro de Octave las instrucciones a usar, desde el directorio de trabajo **CLIMATOLOGIA** son:
Primero definimos los caminos de búsqueda (*path*) de las herramientas que usa **CROCO_TOOLS**

```

1 oct_start

```

Luego escribimos la instrucción para generar la grilla del modelo, la que queda descrita en el archivo **croco_grd.nc** que se generará en el directorio **CROCO_FILES**

```

1 >> make_grid
2 mkdir: cannot create directory '/home/livecroco/Desktop/CLIMATOLOGIA/CROCO_FILES/':
3 File exists
4
5 Making the grid: /home/livecroco/Desktop/CLIMATOLOGIA/CROCO_FILES/croco_grd.nc
6
7 Title: Benguela Model
8
9 Resolution: 1/3 deg
10
11 Do you want to use interactive grid maker ?
12 (e.g., for grid rotation or parameter adjustments) : y,[n]

```

apretamos **n** y luego aparece

```
1 Create the grid file...
2 LLm = 41
3 MMm = 42
4
5 Fill the grid file...
6
7 Compute the metrics...
8
9 Min dx=29.1913 km - Max dx=33.3244 km
10 Min dy=29.2434 km - Max dy=33.1967 km
11
12 Fill the grid file...
13
14 Add topography...
15 CROCO resolution : 31.3 km
16 Topography data resolution : 3.42 km
17 Topography resolution halved 4 times
18 New topography resolution : 54.6 km
19
20 Filter topography ...
21 Apply a filter on the Deep Ocean to reduce isolated seamounts :
22 4 pass of a selective filter.
23 Apply a selective filter on log(h) to reduce grad(h)/h :
24 20 iterations - r_max = 0.27931
25 29 iterations - r_max = 0.24975
26 Smooth the topography a last time to prevent 2DX noise:
27 2 pass of a hanning smoother.
28
29 Write it down...
```

y obtendremos la figura

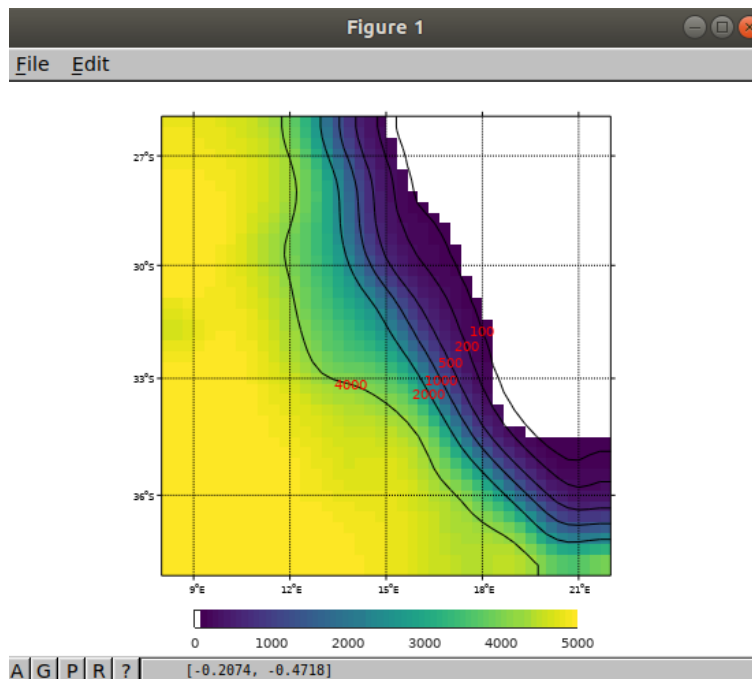


Figura 1: Mapa final del dominio Benguela

Al estar trabajando en Octave se omite el llamado a las funciones `easygrid` y `editmask`, cuyo código si funciona en Matlab.

La siguiente instrucción es `make_forcing` que genera el archivo `croco_frc.nc` con la información del forzante atmosférico.

```
>> make_forcing
```

nos entrega 7 figuras, Figs. 2-5

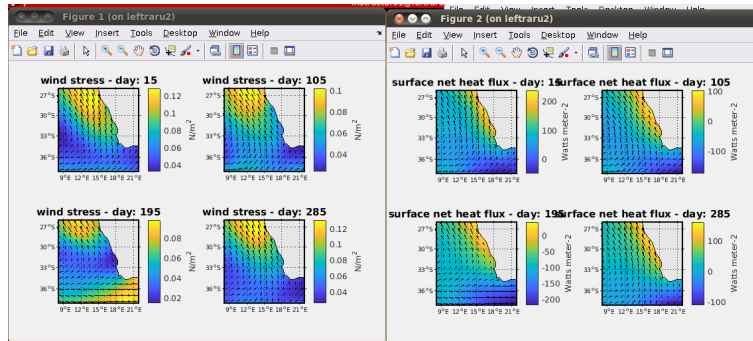


Figura 2: Variables de forzamiento atmosférico: esfuerzo del viento superficial y flujo neto de calor superficial

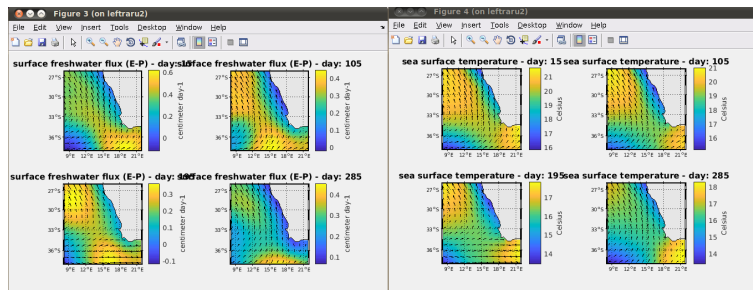


Figura 3: Variables de forzamiento atmosférico: balance superficial de agua fresca (E-P) y temperatura superficial del mar

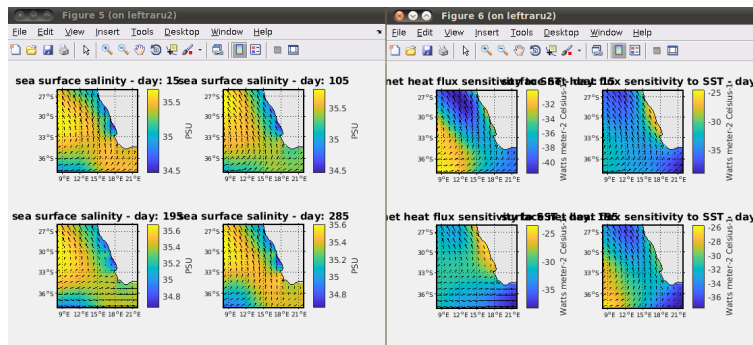


Figura 4: Variables de forzamiento atmosférico: salinidad superficial del mar y sensibilidad a la temperatura superficial del mar del flujo de calor latente

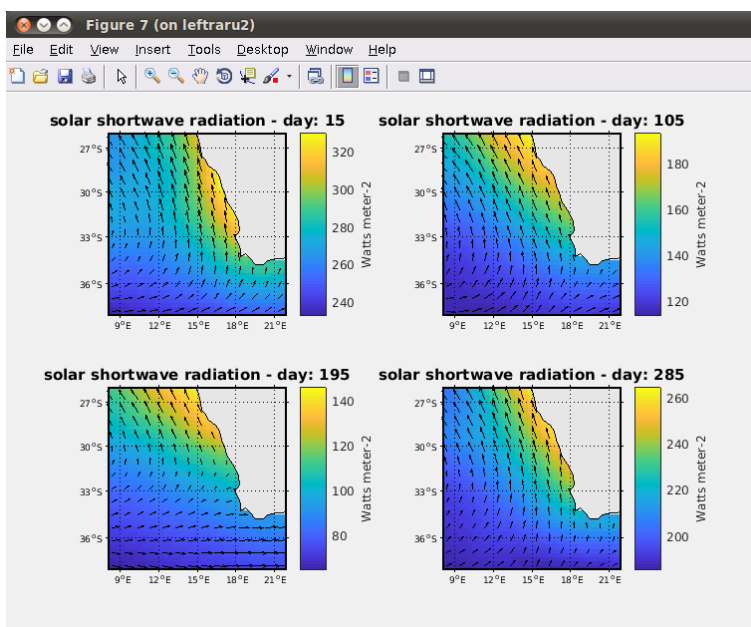


Figura 5: Variables de forzamiento atmosférico: radiación solar de onda corta

Y finalmente la instrucción **make_clim** que crea el archivo **croco_clm.nc** con la condición de borde oceánica

```
1 make_clim
```

nos entrega 8 figuras, figs. 6-9

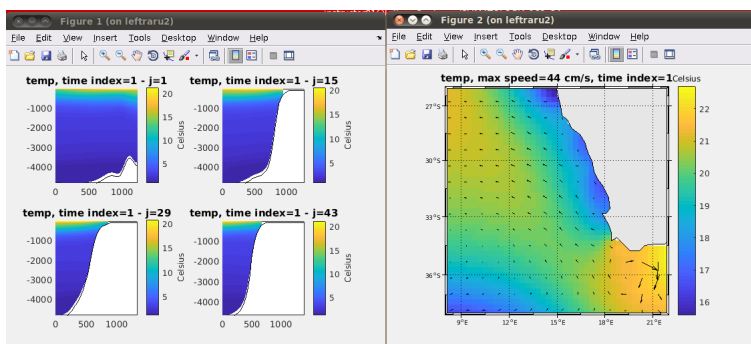


Figura 6: Variables de forzamiento lateral oceánico: temperatura en secciones verticales y en superficie en t = 1.

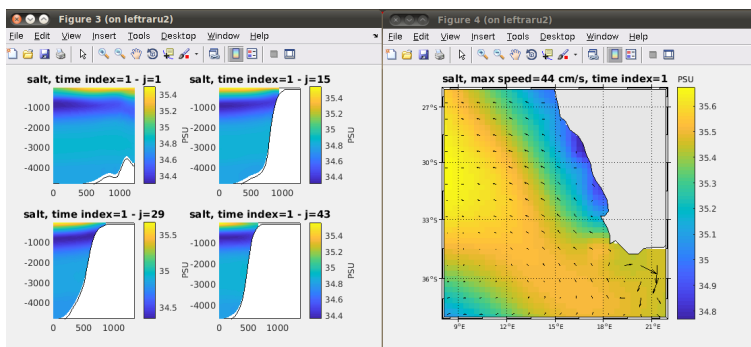


Figura 7: Variables de forzamiento lateral oceánico: salinidad en secciones verticales y en superficie en t = 1.

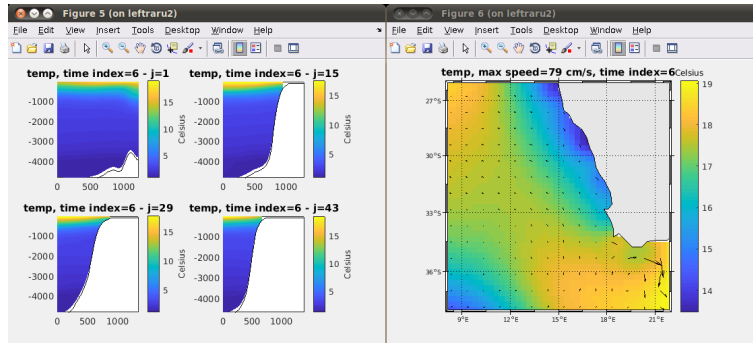


Figura 8: Variables de forzamiento lateral oceánico: temperatura en secciones verticales y en superficie en $t = 6$.

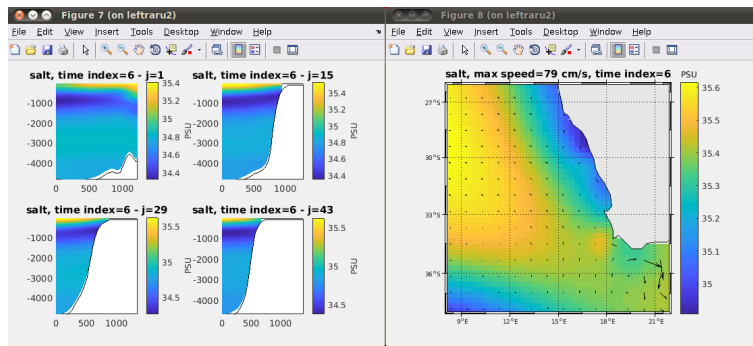


Figura 9: Variables de forzamiento lateral oceánico: salinidad en secciones verticales y en superficie en $t = 6$.

Recordemos que esta instrucción también implica la creación del archivo de condiciones iniciales **croco_ini.nc**, el cual puede ser creado independientemente usando la instrucción **make_ini**

Es importante que primero llamemos la función **make_forcing** y después **make_clim**. Estas instrucciones crearán los archivos de entrada, en formato NetCDF. Estos archivos quedarán dentro del directorio **CROCO_FILES** y son

```
1 croco_clm.nc croco_frc.nc croco_grd.nc croco_ini.nc croco_oa.nc
```

Los archivos que obtenga deben ser iguales a los que se encuentran en

```
1 http://mosa.dgeo.udec.cl/LiveCROCO/Tutorial03/ArchivosIniciales/
```

si tuvo problemas con esta etapa, copie esos archivos en el directorio **CROCO_FILES** para avanzar a la siguiente sección.

4. Cómo hacer una climatología

Para calcular una climatología, tenemos que forzar el modelo durante varios años con las mismas condiciones de borde, oceánicas y atmosféricas, año a año. En este ejercicio haremos varias simulaciones, cada una de un año de duración. Para esto modificaremos el **croco.in** para que el número de pasos de tiempo sea 8640

```
1 time_stepping: NTIMES   dt [sec]   NDTFAST   NINFO
2                 8640     3600      60         1
```

Una vez hecho esto, compilamos el modelo

```
1 ./jobcomp
```

y lanzamos la simulación

```
1 ./croco croco.in
```

Una vez que la simulación termine exitosamente, encontraremos en el directorio **CROCO_FILES** los siguientes archivos de salida

```
1 croco_avg.nc
2 croco_his.nc
3 croco_rst.nc
```

El archivo **croco_rst.nc** contiene la información para continuar la simulación, por lo que para calcular el siguiente año tenemos que copiar este archivo con el nombre **croco_ini.nc**, que es el archivo que CROCO lee como condición inicial.

```
1 cp croco_rst.nc croco_ini.nc
```

Si volvemos a lanzar la simulación de nuevo, los archivos HIS y AVG serán reemplazados, por lo que debemos cambiarles el nombre antes de calcular el 2do año.

```
1 cp croco_avg.nc croco_avg_Y1.nc
2 cp croco_his.nc croco_his_Y1.nc
3 cp croco_rst.nc croco_rst_Y1.nc
```

y ahora si podemos calcular el 2do año. Lanzamos de nuevo la simulación

```
1 ./croco croco.in
```

y cuando termine, renombramos los archivos resultantes para indicar que pertenecen a los calculos del 2do año

```
1 cp croco_avg.nc croco_avg_Y2.nc
2 cp croco_his.nc croco_his_Y2.nc
3 cp croco_rst.nc croco_rst_Y2.nc
```

Para hacer una buena climatología hay que calcular entre 10 y 20 años, por lo que hay que repetir este proceso muchas veces. Si su *BASH FU* es fuerte, puede automatizar este proceso en un script.

Para propósito de este curso, analizaremos sólo 10 años. Recuerden que los primeros años de una simulación no son confiables, son parte del llamado periodo transiente (en inglés, *spin up*).

El código de CROCO contiene una rutina que realiza este proceso de correr la simulación, renombrar y continuar de forma automática, es el archivo llamado **run_croco.bash**.

5. Validación de la climatología

Para analizar la climatología nos conviene separar los archivos anuales en archivos mensuales. Para esto usaremos el script `separa_meses.bash` que utiliza las rutinas `NCO`. Copie el código de `separa_meses.bash`.

```
#!/bin/bash
#
# separa_meses.bash
# Andres Sepulveda 12/2020 (DGEO-UDEC)
#
#
# Se asume que estamos grabando el archivo cada 3 d as
#
export model=croco
export type=avg
yi=1
yf=2
while [ "$yi" -le "$yf" ]
do
    ncks -F -d time,1,10 "$model"_"$type"_Y"$yi".nc "$model"_"$type"_Y"$yi"M1.nc
    ncks -F -d time,11,20 "$model"_"$type"_Y"$yi".nc "$model"_"$type"_Y"$yi"M2.nc
    ncks -F -d time,21,30 "$model"_"$type"_Y"$yi".nc "$model"_"$type"_Y"$yi"M3.nc
    ncks -F -d time,31,40 "$model"_"$type"_Y"$yi".nc "$model"_"$type"_Y"$yi"M4.nc
    ncks -F -d time,41,50 "$model"_"$type"_Y"$yi".nc "$model"_"$type"_Y"$yi"M5.nc
    ncks -F -d time,51,60 "$model"_"$type"_Y"$yi".nc "$model"_"$type"_Y"$yi"M6.nc
    ncks -F -d time,61,70 "$model"_"$type"_Y"$yi".nc "$model"_"$type"_Y"$yi"M7.nc
    ncks -F -d time,71,80 "$model"_"$type"_Y"$yi".nc "$model"_"$type"_Y"$yi"M8.nc
    ncks -F -d time,81,90 "$model"_"$type"_Y"$yi".nc "$model"_"$type"_Y"$yi"M9.nc
    ncks -F -d time,91,100 "$model"_"$type"_Y"$yi".nc "$model"_"$type"_Y"$yi"M10.nc
    ncks -F -d time,101,110 "$model"_"$type"_Y"$yi".nc "$model"_"$type"_Y"$yi"M11.nc
    ncks -F -d time,111,120 "$model"_"$type"_Y"$yi".nc "$model"_"$type"_Y"$yi"M12.nc
    yi=`expr $yi + 1`
done
exit
```

```
1 ./separa_meses.bash
```

Esto nos entregará archivos como

```
1 croco_avg_Y1M1.nc
2 croco_avg_Y1M2.nc
3 croco_avg_Y1M3.nc
4 croco_avg_Y1M4.nc
5 ...
```

5.1. Cálculo de climatologías mensuales

Una vez que tenemos los archivos mensuales podemos usar el script

```
1 http://mosa.dgeo.udec.cl/LiveCROCO/Tutorial03/script_make_clim.v2.bash
```

para promediar todos los meses de cada año simulado y así obtener su propia climatología mensual. Antes de usarlo, recuerde habilitar la ejecución del archivo haciendo

```
1 chmod u+x script_make_clim.v2.bash
```


5.2. Resultados Esperados

Ud. debe poder generar

1. Mapa del dominio
2. Mapas de la temperatura superficial para los promedios estacionales y el promedio anual.

5.3. Validación de la climatología

El archivo de temperatura superficial del mar global medida entre 1985 y 1997 con el sensor AVHRR-Pathfinder (Casey and Cornillon, 1999)

```
1 /home/livecroco/DataSets/SST_pathfinder/climato_pathfinder.nc
```

```
2
```

Los valores son promedios mensuales de la temperatura superficial del mar a una resolución de 9.28 km. Use este archivo y programe una rutina que le permita obtener lo siguiente:

1. Los datos Pathfinder de TSM en promedio estacional y anual para la región de estudio.
2. Un mapa con la diferencia entre sus resultados los datos Pathfinder.

Haga lo mismo para la climatología mensual de la salinidad superficial del mar que puede obtener en el siguiente archivo

```
1 http://mosa.dgeo.udec.cl/LiveCROCO/Tutorial03/SMAP_L3_SSS_MONTHLY_CLIM_V5.0.nc
```

6. Trabajo Avanzado

1. Realice una simulación climatológica para un dominio de su interés.
2. Edite y use las rutinas
 - a) croco_diags.m
 - b) plot_diags.m

que son parte de CROCO_TOOLS para su análisis. No olvide usar `oct_start` una vez iniciado Octave.

7. Conclusión

En este tutorial aprendió mas detalles de los archivos **cppdefs.h**, **param.h**, y **croco.in**, y las modificaciones que hay que hacer para hacer una simulación climatológica, así como aspectos de la validación de los resultados.

Para más información:

Andrés Sepúlveda (asepulveda@dgeo.udec.cl)

Contribuciones de:

Iván Almendra

Marcela Contreras

Bruno Herrera

Scarlett Moraga

Mauro Santiago

Si le sirvió este tutorial mande una postal a:

Dr. Andrés Sepúlveda

Departamento de Geofísica

Casilla 160-C

Correo 3

Concepción

Chile

8. Referencias

Casey, K. S., & Cornillon, P. (1999). A Comparison of Satellite and In Situ-Based Sea Surface Temperature Climatologies. *J. Climate*, 12, 1848-1863

Penven, P., Roy, C., Brundrit, G. B., De Verdière, A. C., Fréon, P., Johnson, A. S., Lutjeharms J. R. E. & Shillington, F. A. (2001). A regional hydrodynamic model of upwelling in the Southern Benguela. *South African Journal of Science*, 97(11-12), 472-475.

9. Enlaces útiles

- Herramientas NCO

<http://research.jisao.washington.edu/data/nco/>