

# Modelación Aplicada del Océano

## Curso Básico CROCO

Mauro Santiago

Centro de Investigación Científica y Enseñanza Superior de Ensenada

19 Enero 2021

- Hoy: **Simulaciones Climatológicas**

# ¿Qué es una simulación climatológica?

## Definición

- Arbitrariamente definimos una simulación climatológica a aquella en que resulta de promediar *muchos* años simulados, a un sólo año.

# ¿Qué es una simulación climatológica?

## Definición

- Arbitrariamente definimos una simulación climatológica a aquella en que resulta de promediar *muchos* años simulados, a un sólo año.
- Puede obtenerse simulando un período extenso (5-10-20 años), por ejemplo 1990-2010, con condiciones de borde atmosféricas y oceánicas que representen ese período (ERA5, SODA).

# ¿Qué es una simulación climatológica?

## Definición

- Arbitrariamente definimos una simulación climatológica a aquella en que resulta de promediar *muchos* años simulados, a un sólo año.
- Puede obtenerse simulando un período extenso (5-10-20 años), por ejemplo 1990-2010, con condiciones de borde atmosféricas y oceánicas que representen ese período (ERA5, SODA).
- También puede obtenerse usando condiciones de borde climatológicas, tanto atmosféricas como oceánicas.

# ¿Qué es una simulación climatológica?

## Definición

- Arbitrariamente definimos una simulación climatológica a aquella en que resulta de promediar *muchos* años simulados, a un sólo año.
- Puede obtenerse simulando un período extenso (5-10-20 años), por ejemplo 1990-2010, con condiciones de borde atmosféricas y oceánicas que representen ese período (ERA5, SODA).
- También puede obtenerse usando condiciones de borde climatológicas, tanto atmosféricas como oceánicas.
- Las condiciones de borde climatológicas se construyen promediando varios años

# Condiciones de Borde Climatológicas

## Definición

- Las condiciones de borde climatológicas se construyen promediando varios años reales, e.g. 1990-2010, 1875-2017.

# Condiciones de Borde Climatológicas

## Definición

- Las condiciones de borde climatológicas se construyen promediando varios años reales, e.g. 1990-2010, 1875-2017.
- Este *año promedio* puede consistir de 12 valores (un valor promedio por mes), o de 360 valores, un valor promedio por día considerando 12 meses de 30 días.



# Condiciones de Borde Climatológicas

## Definición

- Las condiciones de borde climatológicas se construyen promediando varios años reales, e.g. 1990-2010, 1875-2017.
- Este *año promedio* puede consistir de 12 valores (un valor promedio por mes), o de 360 valores, un valor promedio por día considerando 12 meses de 30 días.
- En el fondo se quiere obtener la **circulación promedio**, por lo cual al promediar la climatología es recomendable omitir años extremos, como un año El Niño.

# Condiciones de Borde Climatológicas

WOA2009

- En CROCO, las condiciones de borde oceánicas climatológicas se crean con la función **make\_clim**, que se encuentra en el directorio **Preprocessing\_tools**.

# Condiciones de Borde Climatológicas

WOA2009

- En CROCO, las condiciones de borde oceánicas climatológicas se crean con la función **make\_clim**, que se encuentra en el directorio **Preprocessing\_tools**.
- Esta función usa un archivo creado usando la base de datos *World Ocean Atlas* 2009, o WOA2009 (existe el WOA2018).

# Condiciones de Borde Climatológicas

WOA2009

- En CROCO, las condiciones de borde oceánicas climatológicas se crean con la función **make\_clim**, que se encuentra en el directorio **Preprocessing\_tools**.
- Esta función usa un archivo creado usando la base de datos *World Ocean Atlas* 2009, o WOA2009 (existe el WOA2018).
- Esta información está en los archivos

/WOA2009

salt\_ann.cdf

temp\_ann.cdf

salt\_month.cdf

temp\_month.cdf

# Condiciones de Borde Climatológicas

## WOA2009

- En CROCO, las condiciones de borde oceánicas climatológicas se crean con la función **make\_clim**, que se encuentra en el directorio **Preprocessing\_tools**.
- Esta función usa un archivo creado usando la base de datos *World Ocean Atlas* 2009, o WOA2009 (existe el WOA2018).

- Esta información está en los archivos

/WOA2009

salt\_ann.cdf

temp\_ann.cdf

salt\_month.cdf

temp\_month.cdf

- En los niveles inferiores, dada la poca variabilidad, y los pocos datos existentes, se usa únicamente los archivos *\*ann.cdf* (1 valor)

# Condiciones de Borde Climatológicas

WOA2009

- En CROCO, las condiciones de borde oceánicas climatológicas se crean con la función **make\_clim**, que se encuentra en el directorio **Preprocessing\_tools**.
- Esta función usa un archivo creado usando la base de datos *World Ocean Atlas* 2009, o WOA2009 (existe el WOA2018).

- Esta información está en los archivos

/WOA2009

salt\_ann.cdf

temp\_ann.cdf

salt\_month.cdf

temp\_month.cdf

- En los niveles inferiores, dada la poca variabilidad, y los pocos datos existentes, se usa únicamente los archivos *\*ann.cdf* (1 valor)
- En los niveles superiores se combinan los archivos *\*ann.cdf* y *\*month.cdf* (12 valores)

# Condiciones de Borde Climatológicas

make\_clim

Pasos para crear los archivos

- Leer las características del dominio (latitud, longitud, profundidad). No se lee la máscara tierra/agua

# Condiciones de Borde Climatológicas

make\_clim

## Pasos para crear los archivos

- Leer las características del dominio (latitud, longitud, profundidad). No se lee la máscara tierra/agua
- Se crea el archivo *croco\_clm.nc*, vacío. Este tiene 12 valores en el eje tiempo: 15, 45, 75, ... 345.



# Condiciones de Borde Climatológicas

make\_clim

## Pasos para crear los archivos

- Leer las características del dominio (latitud, longitud, profundidad). No se lee la máscara tierra/agua
- Se crea el archivo *croco\_clm.nc*, vacío. Este tiene 12 valores en el eje tiempo: 15, 45, 75, ... 345.
- Se crea el archivo auxiliar *croco\_oa.nc* que consiste en una interpolación óptima en niveles z

# Condiciones de Borde Climatológicas

make\_clim

## Pasos para crear los archivos

- Leer las características del dominio (latitud, longitud, profundidad). No se lee la máscara tierra/agua
- Se crea el archivo *croco\_clm.nc*, vacío. Este tiene 12 valores en el eje tiempo: 15, 45, 75, ... 345.
- Se crea el archivo auxiliar *croco\_oa.nc* que consiste en una interpolación óptima en niveles  $z$
- Se usa la función *ext\_tracers* para interpolar los archivos mensuales y anuales de temperatura y salinidad a **TODO** el dominio, a los niveles *SIGMA*.

# Condiciones de Borde Climatológicas

make\_clim

## Pasos para crear los archivos

- Leer las características del dominio (latitud, longitud, profundidad). No se lee la máscara tierra/agua
- Se crea el archivo *croco\_clm.nc*, vacío. Este tiene 12 valores en el eje tiempo: 15, 45, 75, ... 345.
- Se crea el archivo auxiliar *croco\_oa.nc* que consiste en una interpolación óptima en niveles *z*
- Se usa la función *ext\_tracers* para interpolar los archivos mensuales y anuales de temperatura y salinidad a **TODO** el dominio, a los niveles *SIGMA*.
- En el paso anterior, primero se *extrapola* en la horizontal, y luego se *interpola* en la vertical.

# Condiciones de Borde Climatológicas

make\_clim

## Pasos para crear los archivos

- Leer las características del dominio (latitud, longitud, profundidad). No se lee la máscara tierra/agua
- Se crea el archivo *croco\_clm.nc*, vacío. Este tiene 12 valores en el eje tiempo: 15, 45, 75, ... 345.
- Se crea el archivo auxiliar *croco\_oa.nc* que consiste en una interpolación óptima en niveles *z*
- Se usa la función *ext\_tracers* para interpolar los archivos mensuales y anuales de temperatura y salinidad a **TODO** el dominio, a los niveles *SIGMA*.
- En el paso anterior, primero se *extrapola* en la horizontal, y luego se *interpola* en la vertical.
- A continuación se transforma de temperatura in-situ a temperatura potencial.

# Condiciones de Borde Climatológicas

make\_clim

## Pasos para crear los archivos

- Leer las características del dominio (latitud, longitud, profundidad). No se lee la máscara tierra/agua
- Se crea el archivo *croco\_clm.nc*, vacío. Este tiene 12 valores en el eje tiempo: 15, 45, 75, ... 345.
- Se crea el archivo auxiliar *croco\_oa.nc* que consiste en una interpolación óptima en niveles  $z$
- Se usa la función *ext\_tracers* para interpolar los archivos mensuales y anuales de temperatura y salinidad a **TODO** el dominio, a los niveles *SIGMA*.
- En el paso anterior, primero se *extrapola* en la horizontal, y luego se *interpola* en la vertical.
- A continuación se transforma de temperatura in-situ a temperatura potencial.
- Finalmente se calculan las corrientes geostróficas en los bordes (extrapola entre  $-2$  y  $+2$  ).

# Condiciones de Borde Climatológicas

make\_clim

Pasos para crear los archivos

- Con esto obtenemos valores mensuales de **T**, **S**, **Ug**, **Vg**, y **zeta**.

# Condiciones de Borde Climatológicas

make\_clim

Pasos para crear los archivos

- Con esto obtenemos valores mensuales de **T, S, Ug, Vg, y zeta**.
- Para el cálculo de las corrientes geostróficas se considera el nivel de referencia (*ref*) definido en el **croctools\_param.m**, que por defecto es -1000m

# Condiciones de Borde Climatológicas

make\_clim

Pasos para crear los archivos

- Con esto obtenemos valores mensuales de **T, S, Ug, Vg, y zeta**.
- Para el cálculo de las corrientes geostróficas se considera el nivel de referencia (*ref*) definido en el **crocotools\_param.m**, que por defecto es -1000m
- Como tenemos valores mensuales, y en el caso de Benguela\_LR el paso de tiempo es de 1 hora, es necesario entender que CROCO realiza una interpolación lineal entre los dos valores mas cercanos al paso de tiempo a calcular.



# Condiciones de Borde Climatológicas

make\_clim

Pasos para crear los archivos

- Con esto obtenemos valores mensuales de **T, S, Ug, Vg, y zeta**.
- Para el cálculo de las corrientes geostróficas se considera el nivel de referencia (*ref*) definido en el **croctools\_param.m**, que por defecto es -1000m
- Como tenemos valores mensuales, y en el caso de Benguela\_LR el paso de tiempo es de 1 hora, es necesario entender que CROCO realiza una interpolación lineal entre los dos valores mas cercanos al paso de tiempo a calcular.
- Por esto mismo, es técnicamente posible forzar el modelo con una climatología mensual en el océano, y con una climatología diaria en la atmósfera.

# Condiciones de Borde Climatológicas

make\_clim

Pasos para crear los archivos

- Con esto obtenemos valores mensuales de **T, S, Ug, Vg, y zeta**.
- Para el cálculo de las corrientes geostróficas se considera el nivel de referencia (*ref*) definido en el **crocotools\_param.m**, que por defecto es -1000m
- Como tenemos valores mensuales, y en el caso de Benguela\_LR el paso de tiempo es de 1 hora, es necesario entender que CROCO realiza una interpolación lineal entre los dos valores mas cercanos al paso de tiempo a calcular.
- Por esto mismo, es técnicamente posible forzar el modelo con una climatología mensual en el océano, y con una climatología diaria en la atmósfera.
- Las variables que se repiten, como en el caso de las climatológicas, contienen el atributo *cycle\_length*:

```
nw{'sss_time'} = ncdouble('sss_time');  
nw{'sss_time'}.units = 'days';  
nw{'sss_time'}.cycle_length = 360;
```

- Recuerden que **make\_clim** llama a la función **make\_ini** que crea el archivo de condiciones iniciales.

# Climatología

## Aspectos Prácticos

- Recuerden que **make\_clim** llama a la función **make\_ini** que crea el archivo de condiciones iniciales.
- Como sólo estamos usando los datos del WOA2009, no hay valores de velocidad 3D ni elevación prescritos para todo el dominio, por lo que las variables 3D **U**, **V**, y la variable 2D **zeta** son inicializadas con valores cero.

# Climatología

## Aspectos Prácticos

- Recuerden que **make\_clim** llama a la función **make\_ini** que crea el archivo de condiciones iniciales.
- Como sólo estamos usando los datos del WOA2009, no hay valores de velocidad 3D ni elevación prescritos para todo el dominio, por lo que las variables 3D **U**, **V**, y la variable 2D **zeta** son inicializadas con valores cero.
- Es decir, partimos de un océano en reposo, lo cual no es real.

- Recuerden que **make\_clim** llama a la función **make\_ini** que crea el archivo de condiciones iniciales.
- Como sólo estamos usando los datos del WOA2009, no hay valores de velocidad 3D ni elevación prescritos para todo el dominio, por lo que las variables 3D **U**, **V**, y la variable 2D **zeta** son inicializadas con valores cero.
- Es decir, partimos de un océano en reposo, lo cual no es real.
- Dependiendo del dominio, los primeros 1 a 3 años son un periodo de ajuste, el llamado período transiente o *spin up*.

- Recuerden que **make\_clim** llama a la función **make\_ini** que crea el archivo de condiciones iniciales.
- Como sólo estamos usando los datos del WOA2009, no hay valores de velocidad 3D ni elevación prescritos para todo el dominio, por lo que las variables 3D **U**, **V**, y la variable 2D **zeta** son inicializadas con valores cero.
- Es decir, partimos de un océano en reposo, lo cual no es real.
- Dependiendo del dominio, los primeros 1 a 3 años son un periodo de ajuste, el llamado período transiente o *spin up*.
- Esos archivos no se usan, no se analizan, por lo que para promediar 5 años, necesitaremos calcular entre 6 y 8 años.

- Recuerden que **make\_clim** llama a la función **make\_ini** que crea el archivo de condiciones iniciales.
- Como sólo estamos usando los datos del WOA2009, no hay valores de velocidad 3D ni elevación prescritos para todo el dominio, por lo que las variables 3D **U**, **V**, y la variable 2D **zeta** son inicializadas con valores cero.
- Es decir, partimos de un océano en reposo, lo cual no es real.
- Dependiendo del dominio, los primeros 1 a 3 años son un periodo de ajuste, el llamado período transiente o *spin up*.
- Esos archivos no se usan, no se analizan, por lo que para promediar 5 años, necesitaremos calcular entre 6 y 8 años.
- El período transiente de variables biogeoquímicas puede ser aún mas largo.



- Recuerden que **make\_clim** llama a la función **make\_ini** que crea el archivo de condiciones iniciales.
- Como sólo estamos usando los datos del WOA2009, no hay valores de velocidad 3D ni elevación prescritos para todo el dominio, por lo que las variables 3D **U**, **V**, y la variable 2D **zeta** son inicializadas con valores cero.
- Es decir, partimos de un océano en reposo, lo cual no es real.
- Dependiendo del dominio, los primeros 1 a 3 años son un periodo de ajuste, el llamado período transiente o *spin up*.
- Esos archivos no se usan, no se analizan, por lo que para promediar 5 años, necesitaremos calcular entre 6 y 8 años.
- El período transiente de variables biogeoquímicas puede ser aún mas largo.
- Todo depende de que tan "irreal" sea la condición inicial.

# Climatología

## Aspectos Prácticos

- El programa para coordinar las simulaciones climatológicas es el *run\_croco.bash*

# Climatología

## Aspectos Prácticos

- El programa para coordinar las simulaciones climatológicas es el *run\_croco.bash*
- En este programa podemos especificar que las salidas sean mensuales (un archivo cada mes) o anuales (un archivo por año)

# Climatología

## Aspectos Prácticos

- El programa para coordinar las simulaciones climatológicas es el *run\_croco.bash*
- En este programa podemos especificar que las salidas sean mensuales (un archivo cada mes) o anuales (un archivo por año)
- Existen unas rutinas en el directorio que permiten generar los gráficos 2 y 3 de Penven et al, (2001)

```
/Diagnostic_tools/  
    croco_diags.m  
    plot_diags.m
```

- El programa para coordinar las simulaciones climatológicas es el *run\_croco.bash*
- En este programa podemos especificar que las salidas sean mensuales (un archivo cada mes) o anuales (un archivo por año)
- Existen unas rutinas en el directorio que permiten generar los gráficos 2 y 3 de Penven et al, (2001)

```
/Diagnostic_tools/  
    croco_diags.m  
    plot_diags.m
```

- Otras rutinas en ese directorio permiten obtener los promedios mensuales, estacionales, y anuales de una simulación climatológica.

```
get_Mmean.m  
get_Smean.m
```

- El programa para coordinar las simulaciones climatológicas es el *run\_croco.bash*
- En este programa podemos especificar que las salidas sean mensuales (un archivo cada mes) o anuales (un archivo por año)
- Existen unas rutinas en el directorio que permiten generar los gráficos 2 y 3 de Penven et al, (2001)

```
/Diagnostic_tools/  
    croco_diags.m  
    plot_diags.m
```

- Otras rutinas en ese directorio permiten obtener los promedios mensuales, estacionales, y anuales de una simulación climatológica.

```
get_Mmean.m  
get_Smean.m
```

# Climatología

## Aspectos Prácticos

- Aun con un dominio pequeño, las simulaciones largas, como la climatológica, pueden crear archivos muy grandes y llenar el disco duro de una maquina.

# Climatología

## Aspectos Prácticos

- Aun con un dominio pequeño, las simulaciones largas, como la climatológica, pueden crear archivos muy grandes y llenar el disco duro de una maquina.
- Esto lo podemos controlar a través de dos configuraciones:
  - ▶ Cambiar el intervalo de grabado.
  - ▶ Cambiar las variables a grabar.



# Climatología

## Aspectos Prácticos

- Aun con un dominio pequeño, las simulaciones largas, como la climatológica, pueden crear archivos muy grandes y llenar el disco duro de una máquina.
- Esto lo podemos controlar a través de dos configuraciones:
  - ▶ Cambiar el intervalo de grabado.
  - ▶ Cambiar las variables a grabar.
- En el primer caso, por defecto, los archivos HIS se graban una vez al mes, y los AVG cada 3 días.

# Climatología

## Aspectos Prácticos

- Aun con un dominio pequeño, las simulaciones largas, como la climatológica, pueden crear archivos muy grandes y llenar el disco duro de una máquina.
- Esto lo podemos controlar a través de dos configuraciones:
  - ▶ Cambiar el intervalo de grabado.
  - ▶ Cambiar las variables a grabar.
- En el primer caso, por defecto, los archivos HIS se graban una vez al mes, y los AVG cada 3 días.
- En el segundo caso, por defecto, son muchas las variables guardadas

```
primary_averages: zeta UBAR VBAR U V wrtT(1:NT)
                  T T T T T 30*T
auxiliary_averages: rho Omega W Akv Akt Aks Visc3d Diff3d
HBL HBBL Bostr Wstr Ustr Vstr Shfl rsw rlw lat sen Hm HEL BIOL
                  F F T F T F F F T
                  T T T T T T T T T
                  T T T 10*T
```

# Climatología

## Aspectos Prácticos

- Esto puede ser modificado a

```
primary_averages: zeta UBAR VBAR  U  V  T S wrtT(1:NT)
                  T    F    F    T  T  T T 30*F
```

```
auxiliary_averages: rho Omega W  Akv  Akt  Aks Visc3d Diff3d
HBL HBBL Bostr Wstr Ustr Vstr Shfl rsw rlw lat sen Hm HEL BIOL
                  40*F
```

para minimizar el tamaño de los archivos.

# Climatología

## Aspectos Prácticos

- Esto puede ser modificado a

```
primary_averages: zeta UBAR VBAR  U  V  T S wrtT(1:NT)
                  T    F    F      T  T  T T 30*F
```

```
auxiliary_averages: rho Omega W  Akv  Akt  Aks Visc3d Diff3d
HBL HBBL Bostr Wstr Ustr Vstr Shfl rsw rlw lat sen Hm HEL BIOL
                  40*F
```

para minimizar el tamaño de los archivos.

- Existen varias rutinas para graficar las salidas del modelo, como en las figuras 4 y 5 de Penven et al. (2001)

```
/ocean/croco_tools/Visualization_tools
```

```
horizslice.m
vertslize.m
time_series.m
vert_profile.m
hovmuller.m
```

# Climatología

## Aspectos Prácticos

- Estudien el código de estas. En principio requieren de muchos argumentos de entrada

```
function horizslice(hisfile,vname,tindex,vlevel,rempts,coef,  
gridlevs,...  
colmin,colmax,lonmin,lonmax,latmin,latmax,...  
ncol,pltstyle,isobath,cstep,cscale,cunit,...  
coastfile,townfile,gridfile,h0,handles,Yorig)
```

# Climatología

## Aspectos Prácticos

- Estudien el código de estas. En principio requieren de muchos argumentos de entrada

```
function horzslice(hisfile,vname,tindex,vlevel,rempts,coef,
gridlevs,...
colmin,colmax,lonmin,lonmax,latmin,latmax,...
ncol,pltstyle,isobath,cstep,cscale,cunit,...
coastfile,townfile,gridfile,h0,handles,Yorig)
```

- Pero en este caso el mínimo número de argumentos es sólo el archivo a leer.

```
%
% Defaults values
%
if nargin < 1
    error('You must specify a file name')
end
if nargin < 2
    disp('Default variable to plot: temp')
    vname='temp';
```