

# Circulación General de la Atmósfera

2.<sup>do</sup> Cuatrimestre 2009

Instructivo: Modelo FMS Spectral Shallow Water

## *Aspectos Prácticos*

El modelo que utilizaremos en esta parte de la materia pertenece al conjunto Flexible Modelling System, desarrollado por el Geophysical Fluids Dynamics Laboratory (NOAA). Una descripción completa de la dinámica del modelo y su implementación puede encontrarse en:

`/home/USERNAME/Circulacion_General/atm_dycores/src/atm_spectral_shallow/shallow.pdf`.

o en : Held, I. M., and M. J. Suarez, 1994: **A proposal for the intercomparison of the dynamical cores of atmospheric general circulation models.** *Bulletin of the American Meteorological Society*, 75(10), 1825-1830.

## 1. Forzante

Puede considerarse que este modelo representa la evolución de una una capa de fluido poco profunda en la atmósfera alta. La *superficie libre* de esta capa es perturbada al relajar la altura  $h$  hacia una cierta función forzante  $fr$ . Esta función forzante puede interpretarse como el efecto tanto de una fuente de calor en las capas inferiores o como la interacción local entre el flujo medio y una barrera topográfica. Para forzar el modelo, uno puede seleccionar diferentes tipos de perturbaciones. Se puede elegir una perturbación a lo largo del Ecuador para representar el efecto del calor liberado en la Zona de Convergencia Intertropical (ITCZ). En forma adicional, pueden fijarse perturbaciones en ubicaciones arbitrarias para representar el efecto de fuentes de calor o el efecto de la topografía. También pueden utilizarse perturbaciones que cambien con el tiempo.

## 2. Inspección de las soluciones

Los resultados de una simulación se guardan en un archivo NetCDF, con extensión `.nc`, y pueden ser explorados rápidamente con la aplicación `ncview`. Para ejecutar esta aplicación, tipear:

```
> ncview "nombre".nc
```

y se abrirá una nueva ventana con múltiples opciones.

Para probar esta aplicación, abrir una terminal y tipear:

```
> cd /home/USERNAME/Circulacion_General/atm_dycores/exp/spectral_shallow/QUASI
```

```
> ncview shallow.nc
```

Este ejemplo contiene una corrida del modelo en que se simuló el efecto local de la Meseta Tibetana (Práctica 1).

- Seleccionar la variable  $h$  y se abrirá una nueva ventana con el gráfico de esta variable en el primer tiempo.
- Para graficar los continentes (si no estuviesen presentes) presionar el botón y luego la opción *0,8 degree coastlines*.
- El botón *forward* permite avanzar de un tiempo al siguiente y el botón *fast forward* inicia un loop con la evolución completa de la variable.
- Para graficar una serie de tiempo en una cierta ubicación, clicar en el mapa sobre el punto elegido .
- Para generar un corte en una cierta latitud o longitud, modificar la opción *X Axis*. Si se selecciona *Lat* o *Lon* se obtendrá una latitud o una longitud fija, respectivamente.

### 3. Cómo generar una simulación

- El modelo espectral Shallow Water se ejecuta en el directorio:

```
/home/USERNAME/Circulacion_General/atm_dycores/exp/spectral_shallow
```

Para posicionarse en ese directorio, tipear:

```
> cd Circulacion_General/atm_dycores/exp/spectral_shallow
```

- Dentro de ese directorio se encuentran tres archivos importantes:
  - el script *fms\_runscript*, que ejecuta el modelo;
  - el script *fms\_runscript\_restart*, que ejecuta el modelo en el modo 'restart';
  - el archivo *namelists*, en el cual se setean los parámetros de la simulación.
- Antes de iniciar la simulación se debe diseñar el experimento, fijar los parámetros en el archivo *namelists* y modificar la subrutina *shallow\_physics.f90* si fuese necesario. Para hacerlo, tipear:

```
> kedit namelists
```

y

```
> cd /home/USERNAME/Circulacion_General/atm_dycores/src/atmos_spectral_shallow  
> kedit shallow_physics.f90
```

y un editor de texto les permitirá modificar los archivos.

### 3.1. Diseño de los experimentos

Por defecto, el modelo parte del estado de reposo, con una altura uniforme  $h_0$ . El flujo se inicia al relajar la altura  $h$  a una función forzante  $fr$ . Las velocidades, por defecto, son relajadas linealmente hacia el reposo. Diseñar un experimento implica seleccionar la forma y la magnitud de las perturbaciones con el objeto de representar algún aspecto de la circulación global (por ejemplo, mayores alturas a lo largo del Ecuador representan el efecto de una fuente de calor en dicha región, y como respuesta, el modelo generará dos jets del oeste). Con este propósito, los siguientes parámetros deben setearse en el archivo *namelists* :

#### 1. shallow\_dynamical\_nml

- $h_0$  : altura constante del estado inicial (unidades:  $m^2/s^2$ ) (debe coincidir con la variable  $h_0$  de la sección *shallow\_physics\_nml*).

#### 2. shallow\_physics\_nml

- $h_0$  : la altura hacia la cual el modelo es relajado lejos de las perturbaciones ( $m^2/s^2$ )
- $h_{itcz}$  : intensidad de la perturbación ubicada a lo largo del Ecuador ( $m^2/s^2$ ).
- $itcz\_width$  : ancho de la perturbación a lo largo del Ecuador (unidades: grados de latitud).
- $h_{amp}$  : amplitud de la perturbación aislada ( $m^2/s^2$ ).
- $h_{width}$  : ancho de la perturbación aislada (grados).
- $h_{lat}$  : latitud del centro de la perturbación (grados).
- $h_{lon}$  : longitud del centro de la perturbación (grados).
- $therm\_damp\_time$  : inversa de la tasa a la cual la altura es relajada a la función forzante. Si el valor es negativo, se mide en días. De lo contrario, se mide en segundos.
- $fric\_damp\_time$  : inversa de la tasa a la cual  $u$  y  $v$  son relajados a la función forzante para el campo de velocidades (por defecto, son relajados hacia el reposo). Si el valor es negativo, se mide en días. De lo contrario, se mide en segundos.

El código fuente en que se genera la función forzante se encuentra en:

```
Circulacion_General/atm_dycores/src/atmos_spectral_shallow/shallow_physics.f90
```

Una breve descripción del mismo se encuentra en:

```
Circulacion_General/atm_dycores/src/atmos_spectral_shallow/shallow\_physics.html
```

Dado que el archivo *namelists* se sobrescribe cada vez que se diseña un nuevo experimento, se incluye en el directorio un archivo de back up llamado *namelists.back*. Si el archivo original *namelists* fuese dañado, puede ser reemplazado tipeando:

```
> cp namelists.back namelists
```

### 3.2. Cómo ejecutar los scripts

Para iniciar una simulación se debe editar el script *fms\_runscript* (o el script *fms\_runscript\_restart* para iniciar un restart) y modificar la duración de la simulación (elegir la cantidad deseada de días en la línea *days = 100*) y el paso temporal del modelo (*dt\_atmos = 600*), que está medido en segundos. Luego, se ejecuta el script *fms\_runscript* especificando el nombre del experimento como argumento. Esto es :

```
> ./fms_runscript "nombre del experimento"
```

El script *fms\_runscript* compilará automáticamente el código fuente cuando sea necesario (cada vez que se realice algún cambio en el código).

Como resultado, se generará una nueva carpeta con el nombre del experimento dentro del directorio *spectral\_shallow* conteniendo los resultados de la simulación. El archivo con las salidas se denomina *shallow.nc* y está en formato NetCDF. Adicionalmente, una copia del archivo *namelists* correspondiente será copiado automáticamente en el directorio asociado al experimento.

Durante cada ejecución del modelo, se genera una carpeta temporaria con el nombre *workdir* dentro del directorio *spectral\_shallow*. Si la simulación fuese interrumpida, este directorio *workdir* debe ser removido antes de iniciar una nueva simulación. Para ello tipear:

```
> rm -r workdir/
```

Se debe remarcar que si se desea continuar con la simulación interrumpida a partir del modo *restart* se derá copiar el directorio *workdir* a una carpeta con el nombre del experimento, tipeando:

```
> mv -r workdir/ "nombre del experimento"
```

### 3.3. Cómo utilizar el modo *restart*

Con cada simulación, una carpeta denominada *RESTART* se genera en el directorio *workdir*. Esta carpeta contiene información sobre el valor de las variables del modelo en el último tiempo de la salida. Si la simulación termina en forma exitosa, la carpeta *RESTART* es copiada al directorio con el nombre del experimento, con el resto de los archivos de salida. El modo *restart* puede ser utilizado para continuar una simulación que fue accidentalmente interrumpida o para generar un nuevo experimento donde algunos de los parámetros son alterados durante la simulación (por ejemplo, luego de los primeros 100 días de simulación, el forzante es modificado y la corrida es reiniciada). para iniciar una simulación en el modo *restart* se debe utilizar el script *fms\_runscript\_restart*, que es muy similar al script *fms\_runscript*. Como en una simulación común, se debe seleccionar la longitud de la simulación y el paso temporal en el script *fms\_runscript\_restart*. La longitud, en este caso, representa la cantidad de días desde que el modelo es reinicializado. El script *fms\_runscript\_restart* leerá los parámetros para la simulación del archivo *namelists*, por lo cual se derá ser cuidadoso y verificar que sólo los parámetros deseados se hayan modificado con respecto a la simulación inicial. Para iniciar el modelo en modo *restart* tipear:

```
> ./fms_runscript_restart "nombre del experimento"
```

En este caso, el nombre del experimento debe ser el nombre del directorio con el experimento preexistente. Si esta simulación finaliza exitosamente, el archivo con las salidas de la primera simulación será renombrado como *shallow0.nc* la nueva salida se denominará *shallow1.nc*. Si se realizaran simulaciones en modo restart sucesivas, las salidas se denominarán *shallow2.nc*, etc.

Para combinar varios archivos NetCDF en un nuevo archivo .nc conteniendo el período completo, se utilizan los operadores *NetCDF Operators*. Por ejemplo, para combinar los archivos *shallow0.nc* y *shallow1.nc*, tipear:

```
> ncr_cat shallow0.nc shallow1.nc shallowtot.nc
```

Esto creará un nuevo archivo denominado *shallowtot.nc* conteniendo la información de *shallow0.nc* y de *shallow1.nc*.

## 4. Análisis de las soluciones

Los archivos de salida pueden ser manipulados con aplicaciones como *GrADS*, *MATLAB* y *Ferret*. Las mismas permiten generar cálculos y gráficos más complejos con las salidas del modelo. Para iniciar *GrADS*, ubicarse en el directorio deseado y tipear:

```
> gradsnc
```

Como respuesta a este comando se deberá seleccionar el aspecto de la pantalla de la aplicación: tipear *no* para el modo *portrait* y *ENTER* para el modo *landscape*. Para abrir un archivo NetCDF tipear:

```
> sdfopen "nombre del archivo".nc
```

Para obtener una descripción del contenido del archivo (variables, tiempos, propiedades del dominio, etc) tipear:

```
> q file
```

para graficar una cierta variable, tipear:

```
> d "nombre de la variable"
```

para limpiar el display para poder generar nuevos gráficos, tipear:

```
> c
```

Para seleccionar un tiempo diferente, tipear:

```
> set t "número de días desde el inicio de la simulación"
```

*GrADS* permite generar diferentes tipos de gráficos como *shaded*, *vector*, *contour* y *stream*. Estas opciones permiten combinar diferentes variables en un mismo gráfico. Para cambiar de un modo al otro se utiliza el comando *gxout*. Por ejemplo, para cambiar del modo por defecto (*contour*) al sombreado, se debe tipear:

```
> d "var1"  
> set gxout shaded  
> d "var2"
```

Esta aplicación también permite definir y calcular nuevas variables, como los valores promedios. Dos ejemplos que pueden ser de utilidad son los promedios zonales y los promedios temporales. Para definir *zmvar*, la media zonal de la variable *var*, se debe tipear:

```
> define "zmvar"=ave("var",lon=0,lon=360)  
> d "zmvar"
```

Análogamente, para definir el promedio temporal *mvar* de la variable *var*, entre dos tiempos diferentes *t1* y *t2*, tipear:

```
> define "mvar"=ave("var",t=t1,t=t2)  
> d "mvar"
```

*GraDS* tiene su propio lenguaje para generar scripts. Durante el curso les serán provistos algunos scripts con cálculos típicos para resolver ejercicios de las prácticas. Para ejecutar estos scripts, que se identifican por la extensión *.gs*, se debe tipear:

```
> run "nombre del script".gs
```

Si se desea generar una copia de un gráfico con extensión *.gif*, una vez que la figura está lista se debe tipear:

```
> printim "nombre de la figura".gif gif x800 y600
```

La documentación completa de *GraDS* se encuentra disponible online en:

<http://grads.iges.org/grads/gadoc/index.html>.

★ **NOTA:** Este documento fue generado con la colaboración del Dr. Juan Ruiz en el año 2007.