

Modelo oceánico: Coastal and Regional Ocean Community model (CROCO)

El Coastal and Regional Ocean COmmunity o CROCO, es un modelo oceánico de simulación numérica-física. Es una evolución de ROMS-AGRIF, que posee funciones adicionales que mejoran su precisión en escalas más finas, cercanas a la costa, y además con una mejora en sus capacidades de acople con otros sistemas de predicción atmosféricos y de oleaje. Su mantenimiento y actualización son hechos principalmente por IRD, INRIA, CNRS, IFREMER y SHOM, institutos franceses dedicados a las ciencias ambientales (IRD, n.dl).

Dado que el objetivo de este piloto está centrado en las condiciones físicas tanto oceánicas como atmosféricas del Caribe y, por lo tanto, posteriormente acoplar CROCO con WRF, el dominio para el modelo conserva unas fronteras idénticas a las de WRF (la **Figura 1** muestra dicho dominio), sin embargo, para optimizar el almacenamiento y procesamiento de datos, la resolución de CROCO no es aumentada a 9 km como en el piloto de WRF, sino que se conserva en 18 km, esto no compromete las escalas de análisis.

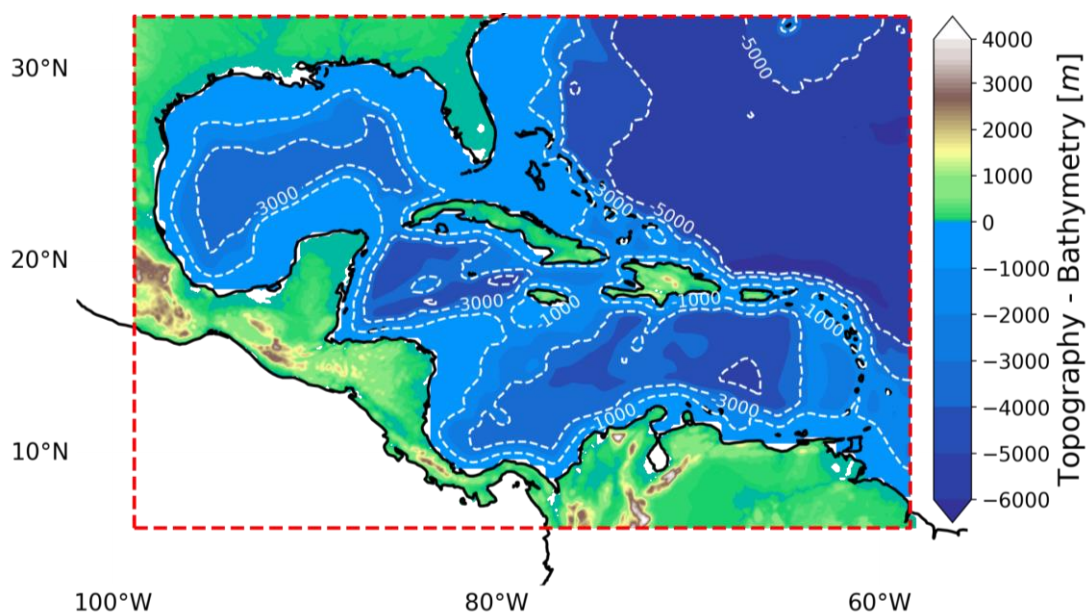


Figura 1. Dominio piloto operacional croco.

En cuanto a la física del modelo, se realizaron pruebas con distintas parametrizaciones, destacando que aquellas con mayor influencia en el modelo son las que intervienen en procesos de mezcla vertical (también conocidas como de turbulencia) y las relacionadas con trazadores en su mezcla, advección vertical y lateral. La **tabla 1** resume las opciones cambiadas respecto a las activadas por defecto en el archivo cnpdefs.h para controlar las parametrizaciones en la configuración del CROCO.

Tabla 1 Parametrizaciones en la configuración de CROCO

Parámetro	Activación en cppdefs.h	Descripción
Mezcla de momentum lateral explícita	UV_VIS2	Activa la mezcla laplaciana lateral de momentum
Advección lateral de trazadores	TS_HADV_UP5	Esquema advectivo de quinto orden
Advección vertical de trazadores	TS_VADV_AKIMA	Esquema de advección centrada de cuarto orden con promedio armónico
Forzamiento superficial	ONLINE	Lee archivos nativos y realiza interpolaciones en línea en la grilla de CROCO

CROCO también requiere, para la construcción de sus condiciones de frontera e iniciales, el uso de variables atmosféricas y oceánicas. Para esto se hace uso de bases de datos que además de entregar productos de calidad garanticen estabilidad en su disponibilidad, de esta forma la ejecución del modelo no se vea interrumpida por la salida en línea de los proveedores o la no actualización de los mismos, pues esto es crítico en la integración del modelo en formato operacional. Para atmósfera, CROCO en modo *forecast* solo tiene disponibles rutinas de preprocesamiento para el *Global Forecast System* o GFS para resoluciones de 0.5° y 0.25°. Para las condiciones oceánicas se tienen disponibles el *Estimating the Circulation & Climate of the Ocean* o ECCO y para el *Global Ocean 1/12° Physics Analysis and Forecast (GLORYS)* también conocido como *mercator forecast*, siendo este último producto el que presentó mejores resultados en el piloto, especialmente por la estabilidad en su disponibilidad. La **tabla 2** indica los productos seleccionados para forzar CROCO y algunas características principales (actualizadas a la fecha de elaboración del presente informe.).

Tabla 2 Bases de datos para los forzadores oceánicos y atmosféricos.

Producto	Variables	Resolución	Frecuencia	Periodo
GFS	Mascara tierra-oceano	0.25 °	6 Horaria	2015-Actualidad
	Precipitación total			
	Radiación térmica en superficie (Entrante)			
	Radiación solar neta en superficie			
	Temperatura a 2m			
	Humedad específica			
	Componente zonal del viento a 10m			
	Componente meridional del viento a 10m			

GLORYS1 2V1	Temperatura potencial del agua	0.083°	Diaria	2020- actualida d
	Salinidad			
	Altura del mar sobre el geoide			
	Velocidad de corrientes en sentido este (U)			
	Velocidad de corrientes en sentido norte (V)			

La ejecución del modelo se hace creando condiciones de borde e iniciales para este, lo cual se hace a partir de dos rutinas llamadas `make_OGCM_frctst` y `make_GFS` que interpolan campos de mercator y GFS respectivamente para crear los forzadores oceánicos y atmosféricos. Estos se crean para 2 días de simulaciones previas a la fecha actual (hindcast) y 6 de condiciones futuras del océano (forecast). Una vez se termina el preprocesamiento, la rutina `main croco` cambia los parámetros de input para CROCO y lo ejecuta con MPI. Con esta configuración se hacen simulaciones con CROCO inicializadas cada día, con un paso de tiempo de 10 minutos pero guardando los registros cada hora. Estas simulaciones se hacen con un periodo de 72 horas y teniendo en cuenta que GFS tiene datos 6 horarios hasta 6 días después de la fecha actual, se pueden simular hasta esos 6 días, pero no todos completan las 72 horas.

Requisitos

En el caso de CROCO la versión del modelo es la 1.1. El preprocesamiento por defecto puede ser realizado en el software MATLAB en cualquiera de sus versiones recientes, no obstante, para compatibilizar con las herramientas desarrolladas en el marco de este proyecto en el lenguaje Python, se adaptaron las rutinas escritas en MATLAB al lenguaje Python que es de libre acceso, que además representa una disminución en los tiempos de ejecución del preprocesamiento. Para compilar y ejecutar CROCO se requieren las siguientes librerías en un entorno linux:

- **netcdf 4.1.3:** Necesaria para la escritura de datos
- **mpich 3.3.2:** Necesaria para la ejecución en paralelo del modelo
- **csh, sh:** Lenguaje de programación para compilar CROCO
- **gfortran:** Compilador de fortran
- **cpp:** Compilador de c++
- **screen:** Ejecución del modelo y el preprocesamiento en background

Para el preprocesamiento se usa python en alguna de sus versiones posteriores a la 3.0 y además las librerías específicas de este lenguaje:

- **numpy**
- **os**
- **pandas**
- **datetime**

- sys
- subprocess
- dill
- scipy
- netCDF4
- motuclient
- pydap

Como requerimientos adicionales para el preprocesamiento se tiene la librería wget y también tener un usuario activo en el copernicus marine services (se puede acceder a su creación desde: <https://resources.marine.copernicus.eu/registration-form>) dado que desde este se descargan los datos para ese paso.

Esquema de rutinas

CROCO operativo es automatizado a partir de 4 scripts principales, i) croco_tools_params.py en el cual se especifican parámetros para construir el preprocesamiento del modelo y se usan funciones para su ejecución, ii) make_OGCM.py con el cual se generan los forzadores oceánicos, iii) make_GFS.py que crea la información de forzadores atmosféricos y iv) main_croco.py que ejecuta CROCO automáticamente a partir de la modificación de los archivos de entrada del modelo.

El script más importante en el preprocesamiento es croco_tools_params, dado que especificar correctamente los parámetros en este, significa una correcta construcción de los datos para la ejecución del modelo. También se usan otras rutinas llamadas Forecast_tools.py, Preprocessing_tools.py y Oforc_OGCM que contienen las funciones ejecutadas por los scripts principales.

La **tabla 3** muestra las rutinas mencionadas anteriormente, así como algunos de sus parámetros relevantes y su función en la ejecución del piloto operacional. Es importante resaltar que el archivo de input para CROCO, llamado croco.in, tiene un parámetro llamado NTIMES que controla cuantos pasos de tiempo se simulan y por consiguiente el tiempo de pronóstico. Este puede ser editado si se desea, sin embargo, no es necesario y, por lo tanto, no es tenido en cuenta en los parámetros mencionados en la **tabla 3**.

Nombre	Argumentos relevantes	Funciones principales	Descripción
croco_tools_params	RUN_dir(str) make_ini(bool) make_bry(bool) make_blk(bool) Yorig(int) hdays(int) fdays(int) user(str) password(str)	Este script no contiene funciones, solo es útil para la definición de parámetros.	Guardar parámetros para controlar los otros códigos.
make_OGCM_frcst	OGCM_name(str) raw_mercator_name(str)	No contiene, ejecuta otras funciones en los ciclos	Construcción de forzadores oceánicos con

		necesarios.	mercator
make_GFS	gfs_name(str) blk_name(str)	No contiene, ejecuta otras funciones en los ciclos necesarios.	Construcción de forzadores atmosféricos con GFS
Forecast_tools	Los argumentos principales son especificados en croco_tools_params y make_OGCM_frcst	download_mercator download_GFS write_mercator write_GFS	Funciones para la descarga de datos y construcción de archivos para interpolación.
Preprocessing_tools	Los argumentos principales son especificados en croco_tools_params y make_OGCM_frcst	ztosigma rho2(u,v)_2d rho2(u,v)_3d create_inifile create_bulk create_bryfile	Funciones útiles en la interpolación de las distintas variables usadas y en la creación de archivos vacíos, llenados posteriormente con los campos de las variables necesarias para CROCO.
Oforc_OGCM	Los argumentos principales son especificados en croco_tools_params y make_OGCM_frcst	ext_data_OGCM create_OGCM	Funciones para la transformación de datos crudos oceanicos a datos en un formato reconocible por CROCO
main_croco	ruta_croco(str) fecha_ini(datetime) fecha_fin(datetime, opcional)	outfiles inifile	Ejecución automatizada de croco. Cambio de parámetros en el archivo de entrada en cuanto a los nombres de archivos de entrada y salida del modelo.

Las rutinas de preprocesamiento, ejecución y posprocesamiento de los resultados estan indicadas en el material complementario 3.

Referencias

IRD (no date). *[project] croco - coastal and Regional Ocean Community model, Site Web IRD*. IRD. Disponible en: <https://en.ird.fr/project-croco-coastal-and-regional-ocean-community-model> (Recuperado: Diciembre 13, 2022).