

AVANCE DE INVESTIGACIÓN

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DEL SISTEMA ACOPLADO REGIONAL COW PARA EL PACÍFICO SUDESTE

Berlin Segura¹ e Ivonne Montes¹

RESUMEN

En este estudio se muestran los resultados preliminares del análisis de sensibilidad del sistema acoplado regional CROCO-OASIS-WRF (COW), implementado para el sistema océano-atmósfera del Pacífico sudeste, haciendo uso de la infraestructura computacional del IGP denominada HPC-Linux-Cluster. Para este objetivo, se configuran dos simulaciones acopladas que son casi idénticas, ya que difieren en la versión del modelo atmosférico que están utilizando. Los resultados preliminares muestran que las configuraciones del modelo acoplado simulan con alta correlación el Índice Costero El Niño (ICEN) y, por lo tanto, son útiles para estudiar los procesos de interacción océano-atmósfera en el Pacífico Sudeste.

Palabras clave: *Modelo Acoplado, Sistema océano-atmósfera del Pacífico sudeste, Índice costero El Niño (ICEN).*

AFILIACIÓN:

1. Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú.

Citar como: Segura, B., Montes, I. (2021). Análisis de sensibilidad del sistema acoplado regional COW para el Pacífico sudeste. *Boletín científico El Niño, Instituto Geofísico del Perú*, Vol. 8 n.º 02. págs. 12-17.

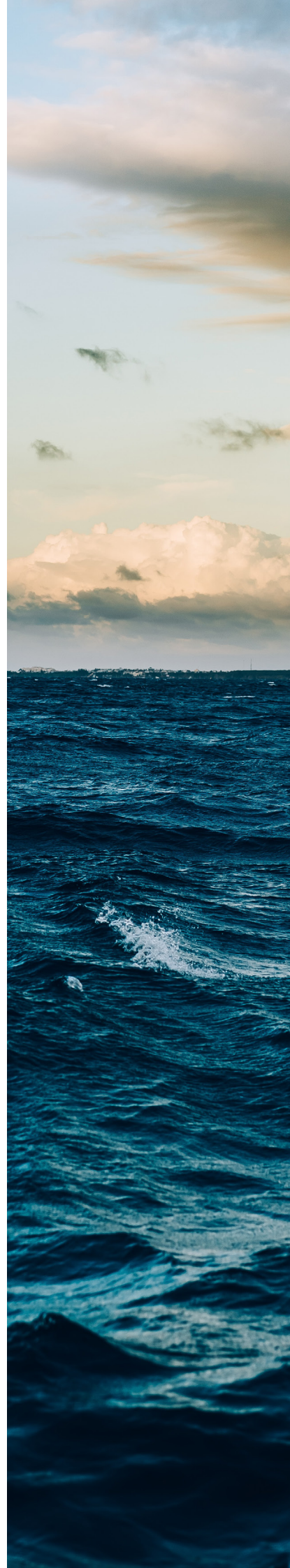
INTRODUCCIÓN

Frente a la costa peruana se desarrolla una fuerte interacción entre el océano y la atmósfera que gatilla una serie de procesos dinámicos, los cuales determinan las características oceanográficas del borde este del océano Pacífico sudeste. Sin embargo, la poca distribución espacio-temporal de datos limita el entendimiento de la dinámica compleja; que incluye las corrientes oceánicas a lo largo de la costa (hacia el ecuador en superficie y hacia el polo sur en la región subsuperficial), actividad de mesoescala, afloramiento costero permanente, filamentos, entre otros. Por otro lado, el uso de modelos regionales ha demostrado ser útil para estudiar la dinámica del océano, la atmósfera y la retroalimentación entre ambos.

Para el Pacífico este, por ejemplo, el uso de modelos numéricos del océano ha permitido entender que la variabilidad intraestacional de la temperatura superficial del mar es gobernada por el forzamiento atmosférico local (Illig et al., 2014), también que los mecanismos de propagación de las ondas ecuatoriales y su efecto en la temperatura dependen de varios factores (e.g., Mosquera-Vasquez et al., 2013; Illig et al., 2014). Asimismo, los modelos numéricos han permitido entender la relación dinámica entre las corrientes ecuatoriales subsuperficiales y la corriente subsuperficial de Perú-Chile (PCUC), principal fuente de agua para el afloramiento costero bajo condiciones normales (Montes et al., 2010), y los efectos relacionados a la variabilidad asociada a El Niño-Oscilación del Sur, que altera la contribución de agua de las corrientes ecuatoriales al sistema de afloramiento del Perú (Montes et al., 2011).

Recientemente se vienen desarrollando y empleando modelos acoplados oceánicos-atmosféricos, es decir, aquellos que incorporan tanto un modelo oceánico para tener toda la dinámica del océano como un modelo atmosférico para tener la dinámica de la atmósfera, de tal manera que trabajen juntos mediante un “acoplador”. Los modelos acoplados permiten investigar la interacción entre la dinámica y la termodinámica que ocurre entre el océano y la atmósfera de una manera más compleja. Por ejemplo, Renault et al. (2019) mostraron que se corrigen los sesgos en la representación de la Corriente del Golfo y la Corriente de Agulhas al emplear simulaciones acopladas océano-atmósfera; debido a los cambios en la cascada de energía inversa, responsable de la estabilización de la Corriente del Golfo y de la posición de retroflexión de la Corriente de Agulhas observada.

Por tanto, una de las estrategias que se viene desarrollando en el Instituto Geofísico del Perú (IGP) para entender los procesos dinámicos entre el océano y la atmósfera es la implementación de un sistema acoplado regional para el Pacífico sudeste. A continuación, se presenta el trabajo preliminar respecto al análisis de sensibilidad asociada a los cambios en las versiones del modelo atmosférico, que es utilizado por el modelo acoplado. Este artículo se enfoca en evaluar las simulaciones del Índice Costero El Niño (ICEN)



DESARROLLO

MODELO ACOPLADO

Para el presente trabajo se ha implementado el modelo numérico acoplado regional océano-atmósfera, el cual está construido en base al modelo oceánico CROCO (Coastal and Regional Ocean COMMunity model; Debreu et al., 2012), el modelo atmosférico WRF (Weather Research and Forecasting model; Skamarock et al., 2019) y el acoplador OASIS (Ocean Atmosphere Sea Ice Surface; Valcke., 2013). El modelo acoplado regional se denomina Sistema acoplado regional CROCO-OASIS-WRF (COW, Figura 1) en la versión 3.6 (COWv3.6) y 4 (COWv4); para lo cual se usó la infraestructura computacional denominada «Sistema computacional de alto rendimiento para la simulación de fluidos geofísicos computacional “HPC-Linux-Cluster”» del IGP.

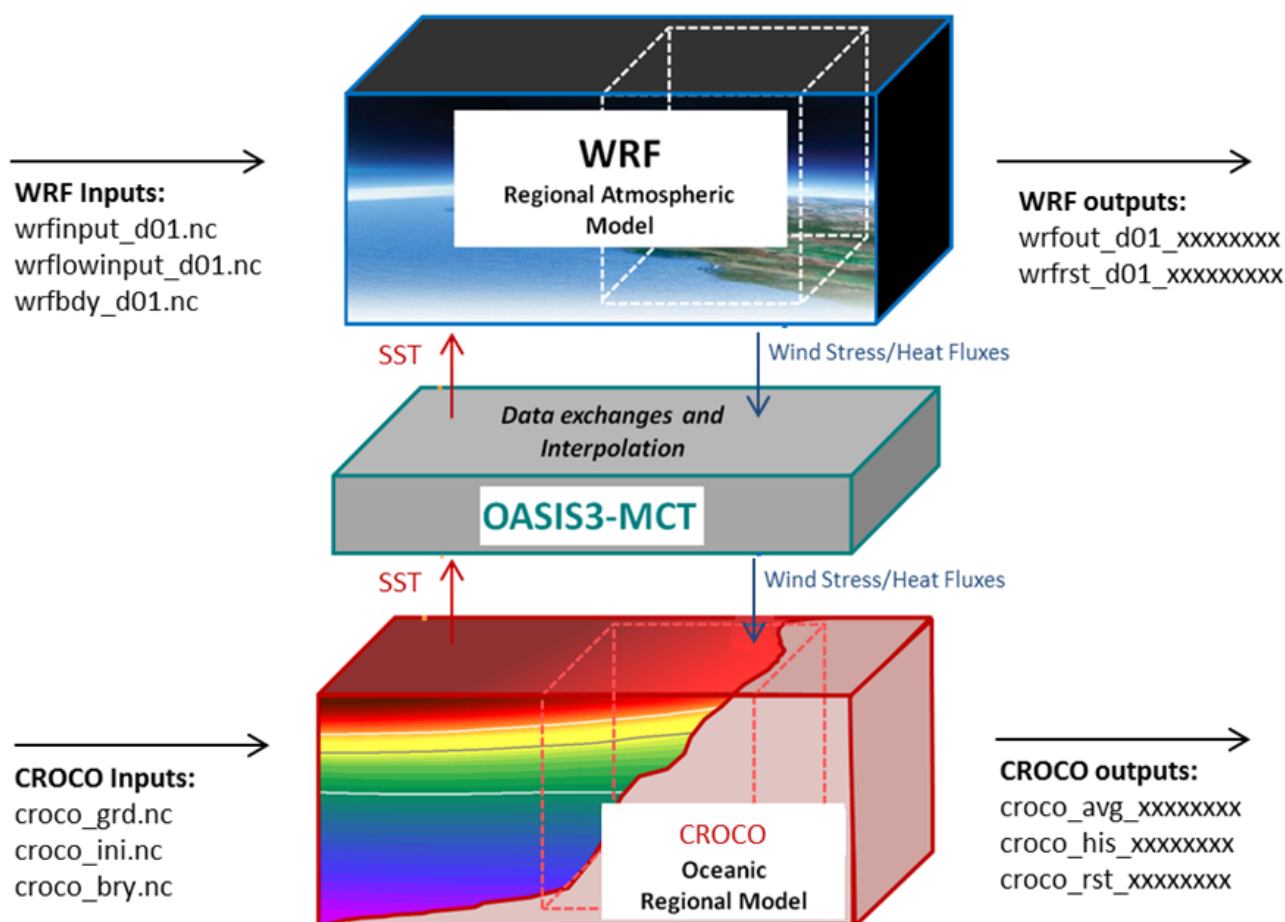


Figura 1. Esquema del acoplamiento regional CROCO-OASIS-WRF (COW), extraído de Cambon et al. (2014): el modelo WRF usa datos de entrada y frontera (WRF Inputs: `wrfinput`, `wrflowinput`, `wrfbry`) envía el esfuerzo de viento y flujo de calor al acoplador OASIS3-MCT, donde se interpola y lo envía al modelo CROCO, que utiliza datos de entrada y frontera (CROCO Inputs: `croco_grd`, `croco_ini`, `croco_bry`) y envía la TSM (SST) al acoplador que lo interpola y lo envía al modelo WRF, luego genera los datos de salida y reinicio (WRF Outputs: `wrfout` y `wrfst`), y envía el esfuerzo de viento y flujo de calor al acoplador que interpola y lo envía al modelo CROCO que genera los datos de salida (CROCO Outputs: `croco_avg`, `croco_rst`).

ACOPLAMIENTO OCEÁNICO-ATMOSFÉRICO REGIONAL

Para el presente estudio se han realizado dos simulaciones con el modelo acoplado cuyas configuraciones son casi idénticas, COWv3.6 y COWv4, ya que difieren en la versión del modelo atmosférico que están utilizando: WRF versiones 3.6 y 4, respectivamente. Además, cada simulación ha utilizado diferentes esquemas para representar la capa límite planetaria (PBL1 - Hong et al., 2006; PBL5 - Nakanishi y Niino, 2006) y para la microfísica (MP2 - Lin et al., 1983; MP6 - Hong y Lim, 2006). Para la representación de los cúmulos ambos utilizaron el esquema Kain-Fritsch (Kain, 2004).

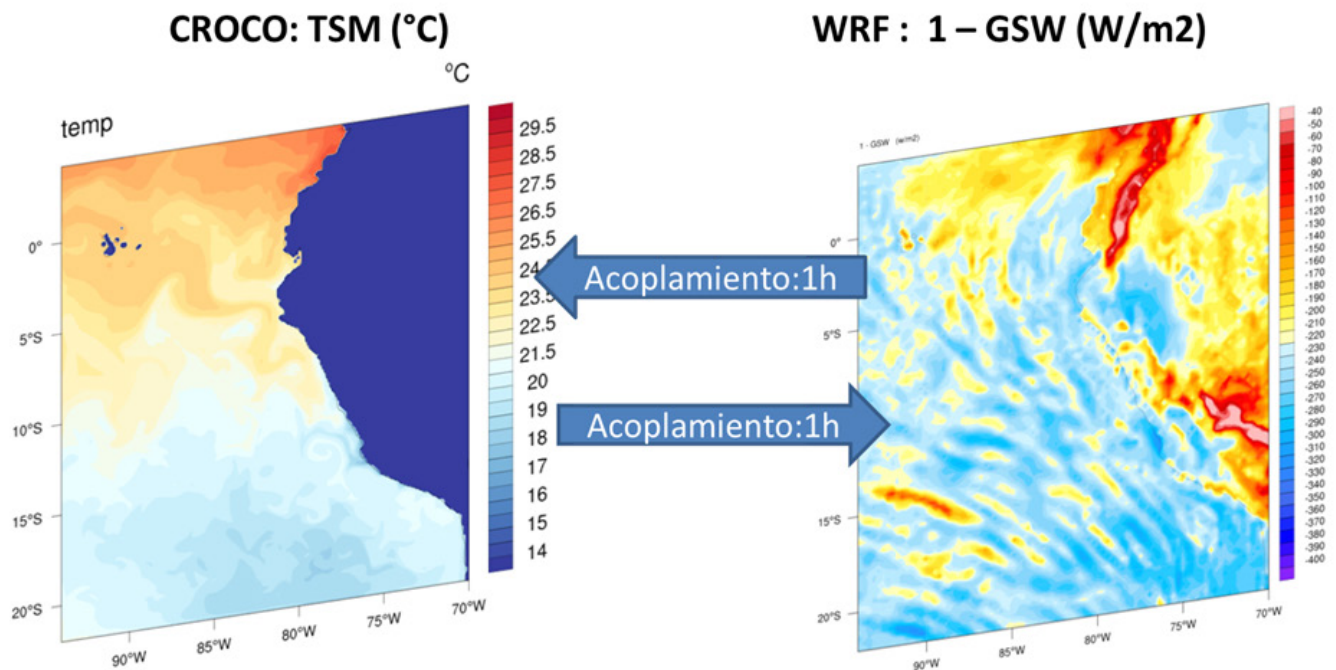


Figura 2. Esquema del acoplamiento entre el WRF y CROCO. WRF envía al CROCO, cada hora, los promedios horarios del flujo radiativo neto de onda corta (GSW); mientras que el CROCO envía al WRF, cada hora, el promedio horario de la TSM.

El acoplador *Ocean Atmosphere Sea Ice Surface - Model Coupling Toolkit* (OASIS3-MCT, Valcke, 2013) fue desarrollado por el Centro Europeo de Investigación y Formación Avanzada en Computación Científica (CERFACS, por sus siglas en francés) de Francia y el Laboratorio Nacional Argonne (ANL por sus siglas en inglés) de USA. Su principal función es intercambiar e interpolar los campos de acoplamiento entre ambos modelos CROCO y WRF. El WRF envía al CROCO, cada hora, los promedios horarios del esfuerzo de viento zonal y meridional, flujos radiativos de onda corta y larga, y los flujos de agua fresca (evaporación-precipitación); mientras que el CROCO envía al WRF, cada hora, el promedio horario de la temperatura superficial del mar (TSM, Figura 2).

CROCO está usando SODA (Simple Ocean Data Assimilation, Carton et al., 2018): para las condiciones iniciales se usan los datos de agosto de 1999 y los datos mensuales entre 08-1999 y 12-2015 para las condiciones de frontera. Mientras que para WRF se usan datos, cada 6 horas, del NCEP FNL (Operational Model Global Tropospheric Analyses) en el periodo 2000-2015.

DATOS

Para la validación de los resultados de COWv3.6 y COWv4 se calcula el ICEN (Índice Costero El Niño; Takahashi et al., 2014) referido a la media móvil de tres meses de la anomalía de la TSM en la región Niño 1+2, obtenida de los datos de la TSM en tiempo real de la fuente ERSST v3b menos la climatología del periodo 1981-2010. Además, se hará uso del producto OISST AVHRR, es decir la TSM de interpolación óptima diaria del satélite/sensor (NOAA/AVHRR: Advanced Very High Resolution Radiometer) de resolución 25 km, para calcular el ICEN también.

RESULTADOS PRELIMINARES

Con relación al índice costero ICEN, la Figura 3 muestra el análisis comparativo de las series de tiempo calculadas a partir de los datos observados (AVHRR) y los simulados (COWv3.6 y COWv4) donde se aprecia que todas las curvas se ajustan a los valores reales. Sin embargo, los resultados de la correlación indican que la anomalía mensual de la TSM observado por ICEN es mejor simulada por el modelo COWv4 (0.71) seguido del COWv3.6 (0.60).

Por otro lado, se observa que la anomalía de la TSM es sobreestimada para el 2002, esto fue simulado con mayor magnitud por COWv3.6 que por COWv4, debido a que el flujo de radiación de onda corta (GSW) es mayor sobre la región costera. Mientras que ambas simulaciones acopladas muestran una intensidad que se aproxima a lo observado para los fenómenos La Niña fuerte de 2007, 2010 y 2013 y El Niño fuerte del 2015 (Figura 3).

Adicionalmente, se ha validado la TSM, la temperatura del aire, la precipitación y el viento para toda la región de estudio mostrando que ambas simulaciones son útiles para estudiar los procesos dinámicos y termodinámicos del Pacífico sudeste, lo cual es materia de investigación en curso.

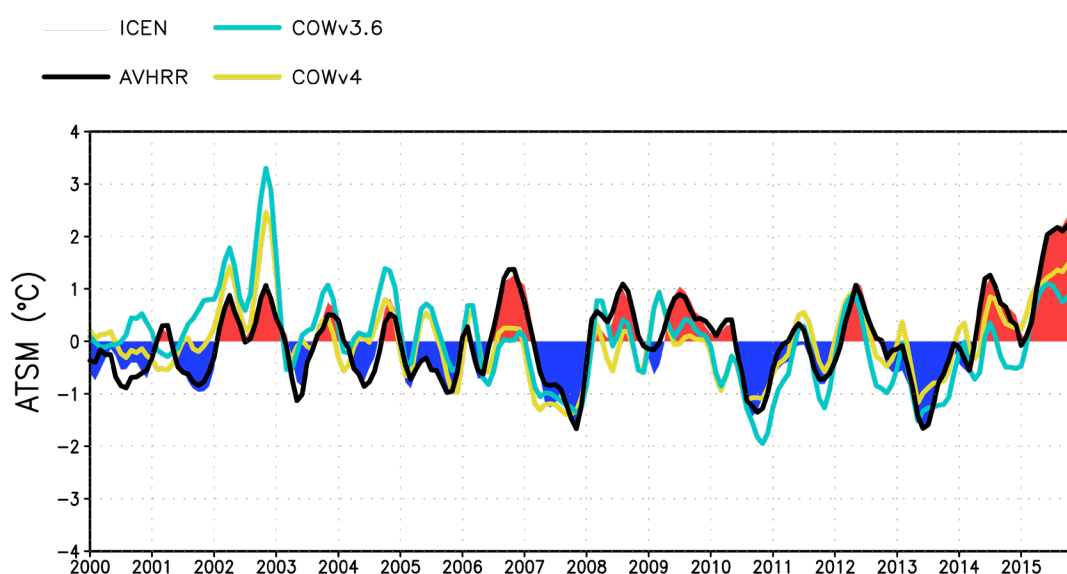


Figura 3. Serie de tiempo de la media móvil de 3 meses de la anomalía mensual de la TSM simulada por COWv3.6 y COWv4, así como observada de AVHRR e ICEN para la región Niño 1+2 en el periodo 2000-2015.

REFERENCIAS

Cambon et al. (2014). The ROW Coupled System, Workshops ROMS/TOMS, Croatia.

Carton, J., Chepurin, G., y Chen, L. (2018). SODA3: A New Ocean Climate Reanalysis. *Journal of Climate*, 31, 6967-6983, doi: 10.1175/JCLI-D-18-0149.1.

Debreu, L., Marchesiello, P., Penven, P., y Cambon, G. (2012). Two-way nesting in split-explicit ocean models: Algorithms, implementation and validation. *Ocean Modelling*, 49, 1–21.

Hong, S., Noh, Y., y Dudhia, J. (2006). A New Vertical Diffusion Package with an Explicit Treatment of Entrainment Processes. *Monthly Weather Review*, 134, 2318-2341. <http://dx.doi.org/10.1175/MWR3199.1>

Hong, S., y Lim, J. (2006). The WRF single-moment 6-class microphysics scheme (WSM6). *Journal of Korean Meteorological Society*, 42, 129–151.

Illig, S., Dewitte, B., Goubanova, K., Cambon, G., Boucharel, J., Monetti, F., Romero, C., Purca, S., Flores, R. (2014). Forcing mechanisms of intraseasonal SST variability off central Peru in 2000-2008. *Journal of Geophysical Research-Oceans*, 119, 3548-3573, 10.1002/2013jc009779

Kain, J.S. (2004) The Kain-Fritsch Convective Parameterization: An Update. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 43, 170-181.

Lin, Y., Farley, R., y Orville, H. (1983). Bulk parameterization of the snow field in a cloud model, *Journal of Climate Applied Meteorology*, 22, 1065–1092.

Montes, I., Colas, F., Capet, X., y Schneider, W. (2010). On the pathways of the equatorial subsurface currents in the eastern equatorial Pacific and their contributions to the Peru-Chile Undercurrent. *Journal of Geophysical Research*, 115, C09003, doi:10.1029/2009JC005710.

Montes, I., Schneider, W., Colas, F., Blanke, B., y Echevin, V. (2011). Subsurface connections in the eastern tropical Pacific during La Niña 1999–2001 and El Niño 2002–2003. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 116(C12), doi:10.1029/2011JC007624.

Mosquera-Vásquez, K., Dewitte, B., Illig, S., Takahashi, K., y Garric, G. (2013). The 200203 El Niño: Equatorial waves sequence and their impact on sea surface temperature, *Journal of Geophysical Research, Oceans*, doi:10.1029/2012JC008551

Nakanishi, M., y Niino, H. (2006). An Improved Mellor-Yamada Level 3 Model: Its Numerical Stability and Application to a Regional Prediction of Advection Fog. *Boundary-Layer Meteorology*, 119, 397-407. <http://dx.doi.org/10.1007/s10546-005-9030-8>

Renault, L., Marchesiello, P., Masson, S., y McWilliams, J.C. (2019). Remarkable control of western boundary currents by Eddy Killing, a mechanical air-sea coupling process. *Geophysical Research Letters*, 46 (5), 2743-2751. ISSN 0094-8276

Skamarock, W., Klemp, J., Dudhia, J., Gill, D., Liu, Z., Berner, J., Wang, W., Powers, J., Duda, M., Barker, D., y Huang, X. (2019). A Description of the Advanced Research WRF Version 4. NCAR Tech. Note NCAR/TN-556+STR, 145 pp. doi:10.5065/1dfh-6p97

Takahashi, K., Mosquera, K., y Reupo, J. (2014). El Índice Costero El Niño (ICEN): historia y actualización. *Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño"*, Instituto Geofísico del Perú, Febrero, 1, 2, 8-9.

Valcke, S. (2013). The OASIS3 coupler: A European climate modelling community software, *Geoscientific Model Development*, 6(2), 373–388, doi:10.5194/gmd-6-373-2013.