

VALIDACIÓN DE LA COMPONENTE ATMOSFÉRICA DEL SISTEMA ACOPLADO REGIONAL OCÉANO-ATMÓSFERA DEL PACÍFICO SUDESTE

Fiorela Castellón¹, Berlin Segura¹, Ivonne Montes¹

Palabras clave: validación, modelo acoplado regional, Pacífico sudeste

Afiliación:

¹ Instituto Geofísico del Perú (IGP)

Citar como Castellón, F., Segura, B. & Montes, I. (2023), Validación de la componente atmosférica del sistema acoplado regional océano-atmósfera del Pacífico sudeste. *Boletín científico El Niño*, Instituto Geofísico del Perú, vol. 10 n.º 01, págs. 9-12.

Resumen

En este estudio se muestran los resultados preliminares de la validación estacional e interanual de la componente atmosférica del modelo acoplado regional océano-atmósfera Croco-Oasis-WRF (COW), implementado para la región del Pacífico sudeste. Se comparan 20 años de datos simulados con productos observacionales de diferentes variables atmosféricas (por ejemplo, temperatura del aire a 2 m, precipitación, velocidad del viento a 10 m) a través del empleo de estadísticos de verificación como el error promedio y el coeficiente de correlación de Pearson a nivel de grilla. Asimismo, se compara la estacionalidad de la variable precipitación en cinco regiones. Los resultados preliminares muestran que el modelo acoplado regional representa adecuadamente la climatología estacional y la variabilidad espacial de la precipitación, la temperatura a 2 m y la velocidad del viento a 10 m, en particular para la región El Niño 1+2. De esta manera, se considera apto en el análisis de eventos pasados tanto a escala interanual como estacional.

Introducción

El Niño Oscilación del Sur (ENSO) es uno de los modos de variabilidad climática más importantes

en el océano Pacífico (Dewitte et al., 2014), el cual tiene una gran influencia sobre las precipitaciones a nivel global y regional. En el Perú, la fase cálida del ENSO, el Niño, es la que causa mayores impactos no solo al afectar las precipitaciones en la costa norte, sino también en los Andes y la Amazonía (Takahashi, 2022), lo que impacta enormemente el ámbito socioeconómico (Cai et al., 2020) al provocar daños a la infraestructura (Machuca et al., 2014), la agricultura (Heino et al., 2018) y pesca (Bertrand et al., 2020), por solo mencionar algunos aspectos.

Comprender la dinámica entre las componentes del sistema terrestre (es decir, la hidrósfera, atmósfera, litósfera, criósfera y biósfera) es fundamental para analizar los procesos físicos que tienen lugar antes, durante y después de un evento El Niño. Sin embargo, si nos referimos al océano y la atmósfera, aún se tiene poca información observacional en el Pacífico sudeste, sobre todo al oeste de los 95° W y debajo de la superficie oceánica (Cravatte et al., 2016; Kessler et al., 2019; Kessler et al., 2021). Por tanto, surge aquí la necesidad de emplear el modelamiento numérico como técnica para llenar el vacío de las observaciones y estudiar la dinámica del sistema terrestre en diferentes escalas espaciales y temporales (Hamilton & Ohfuchi, 2008), incluso como herramienta para el pronóstico del ENSO.

El Instituto Geofísico del Perú (IGP), pionero en el modelado numérico en el Perú, viene implementando actualmente un modelo acoplado océano-atmósfera de alta resolución (Segura & Montes, 2021) haciendo uso del sistema computacional de alto rendimiento HPC-Linux-Clúster (Montes et al., 2016). El modelo ha sido configurado para el Pacífico sudeste cubriendo el periodo 2000-2021. Con el fin de evaluar el realismo de la componente atmosférica y sus posibles sesgos, el presente avance de investigación muestra los resultados preliminares obtenidos con la validación estadística de variables como precipitación, temperatura y velocidad del viento.

Metodología

Para validar la componente atmosférica del modelo acoplado regional océano-atmósfera, COW, se han utilizado los datos de precipitación del GPM (Global Precipitation Mission) y PISCO (Peruvian Interpolation data of the SENAMHI's Climatological and hydrological Observations; Huerta et al., 2022), la temperatura del aire a 2 m del ERA5 (Fifth generation ECMWF atmospheric reanalysis) y los vientos del ASCAT (Advanced Scatterometer) entre el período 2001-2020. Los productos utilizados han sido regrillados a la resolución espacial de la componente atmosférica del modelo acoplado (30 km) y, tanto el modelo como los datos de los diferentes productos, han sido trabajados a escala mensual.

Entre los diagnósticos realizados para la validación se tiene el cálculo de estadísticos (Wilks, 2019) como el error promedio (EP) y el coeficiente de correlación de Pearson (R), ambos a escala interanual utilizando los datos mensuales. Además, se ha calculado el ciclo anual de la precipitación en dos regiones oceánicas (**O1**: 85°-81.5° W/ 3.5°-7° S; **O2**: 80°-78° W/ 11°-13.5° S) y tres regiones continentales (**C1**: 81°-79.3° W/ 4°-6° S; **C2**: 75°-72° W/ 3.5°-5.5° S; **C3**: 76°-74° W/ 11°-13.5° S) a partir de los datos simulados y observados (GPM y PISCO). Cabe señalar que las regiones continentales seleccionadas cuentan con información del ciclo anual de precipitación obtenida mediante estaciones pluviométricas: C1 abarca la región Piura (Rau et al., 2017); C2, la amazonía (Espinoza et al., 2010; Figueroa et al., 2020); C3, la cuenca del Mantaro (Giraldez et al., 2020).

Resultados

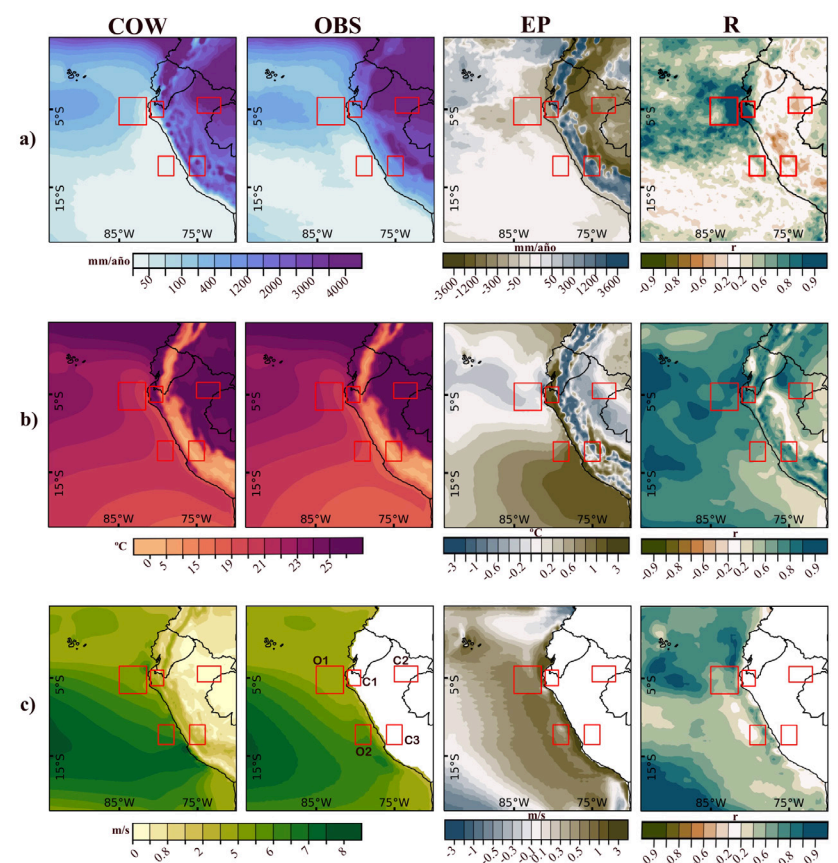


Figura 1. Distribución espacial de la climatología anual y el análisis estadístico (EP y R) calculados a partir de los datos de la componente atmosférica de modelo acoplado (COW) y los diferentes productos observacionales (OBS) durante el período 2001-2020: a) la precipitación acumulada (mm/año), b) la temperatura promedio del aire a 2 m (°C) y c) la velocidad promedio del viento a 10 metros (m/s). EP y R son referidos al error promedio (EP) y el coeficiente de correlación de Pearson (R), respectivamente.

La Figura 1 muestra la climatología anual de la precipitación acumulada (mm/año, a), la temperatura promedio del aire a 2 m (°C, b) y la velocidad promedio del viento a 10 metros (m/s, c). Esto evidencia que el modelo es capaz de reproducir los patrones espaciales de las variables analizadas, especialmente sobre la región oceánica.

A partir del análisis estadístico en las cinco regiones seleccionadas se observa que en O1 se tienen correlaciones que oscilan entre 0.6 (velocidad del viento) y 0.8 (temperatura y precipitación), mientras que en O2 se obtuvo 0.3 (precipitación y velocidad) y 0.6 (temperatura). Al comparar la velocidad del viento con el producto ASCAT, se obtienen en ambas regiones subestimaciones de 0.6 m/s. Al comparar

la temperatura del aire a 2 m con ERA5 se muestra subestimación en O1 (0.15 °C) y sobreestimación en O2 (0.79 °C). En ambas regiones se subestima la precipitación (O1: 70 mm/año y O2: 8 mm/año). Al observar el ciclo anual de precipitación (Figura 2), se denota que la subestimación en O1 se da principalmente en los meses de febrero y marzo.

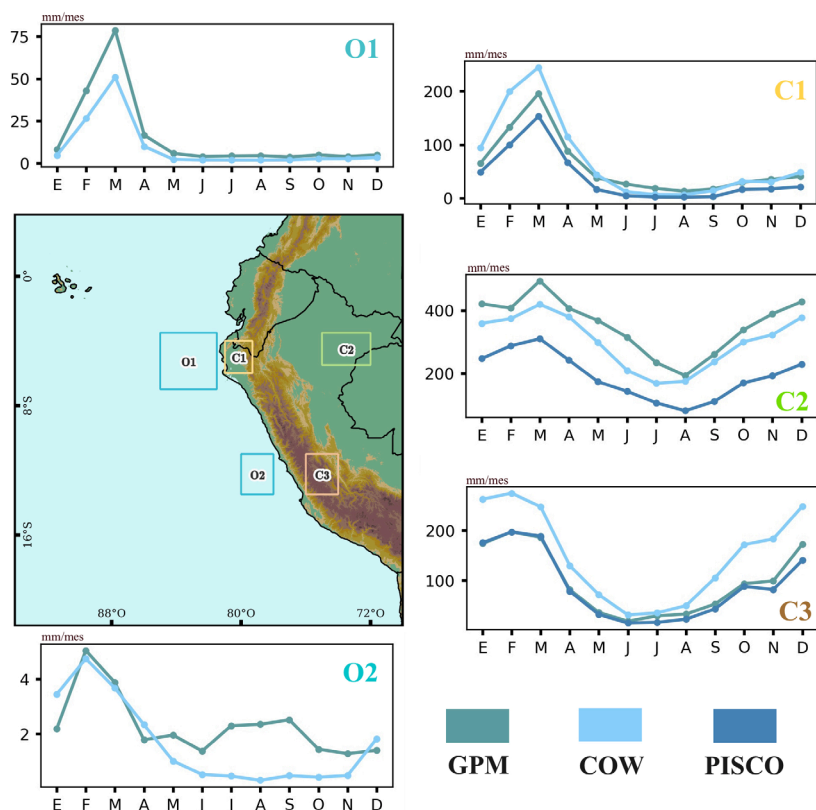


Figura 2. Ciclo anual de precipitación del período 2001-2020 calculado a partir de los datos simulados (COW) y observados del producto GPM y PISCO en cinco regiones: oceánica norte (O1), costa norte (C1), amazónica (C2), oceánica central (O2) y centro andina (C3).

Las correlaciones obtenidas para la variable temperatura oscilan entre 0.7 (C2 y C3) y 0.8 (C1), mientras que los sesgos obtenidos en C1, C2 y C3 son 1.3 °C, -0.1 °C y 0.1 °C, respectivamente. Solo en la región C1, las correlaciones de precipitación son altas (0.8), mientras que en C2 y C3 son negativas y bajas (-0.2). Las regiones C1 (-185 mm/año) y C3 (641 mm/año) presentan sesgos negativos y positivos debido a que en ambas regiones se incluyen parte de los Andes. La región C2 (-633 mm/año) muestra subestimación; no obstante, el patrón temporal del modelo en esta región es similar a PISCO, aunque en magnitud se asemeja más a GPM, concordando con el estudio de Zubieta et al. (2017), quien compara datos de estaciones con diferentes productos satelitales incluyendo GPM.

Conclusiones preliminares

A partir de los resultados preliminares se concluye que el modelo representa apropiadamente los patrones espaciales de las variables temperatura, precipitación y velocidad de viento, especialmente entre los 0 y 6° S. Cuantitativamente, existen sesgos en los Andes y en la región oceánica debajo de los 10° S. El ciclo anual de las precipitaciones en las cinco regiones analizadas se asemeja bastante bien a PISCO, donde los sesgos más altos se dan en los meses más lluviosos de cada región. Finalmente, para completar la validación se realizará Hovmoller de las anomalías de precipitación, temperatura del aire y velocidad del viento junto con sus componentes meridional-zonal, perfiles verticales de temperatura potencial, vapor de agua, velocidad vertical del viento, además del análisis de eventos ENSO durante el periodo simulados.

Referencias

- Bertrand, A., Lengaigne, M., Takahashi, K., Avadí, A., Poulain, F. & Harrod, C. 2020. El Niño Southern Oscillation (ENSO) effects on fisheries and aquaculture. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper N°. 660. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/ca8348en>
- Cai, W., McPhaden, M. J., Grimm, A. M., Rodrigues, R. R., Taschetto, A. S., Garreaud, R. D., Dewitte, B., Poveda, G., Ham, Y.-G., Santoso, A., Ng, B., Anderson, W., Wang, G., Geng, T., Jo, H.-S., Marengo, J. A., Alves, L. M., Osman, M., Li, S., ... Vera, C. (2020). Climate impacts of the El Niño–Southern Oscillation on South America. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1(4), 215-231. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0040-3>
- Cravatte, S., Kessler, W., Smith, N., Wijffels, S., & Contributing Authors. (2016). *First Report of TPOS 2020* (p. 200 pp.). GOOS-215. <http://tpos2020.org/first-report/>
- Dewitte, B., Takahashi, K., Goubanova, K., Montecinos, A., Mosquera, K., Illig, S., Montes, I., Paulmier, A., Garçon, V., Purca, S., Flores, R., Bourrel, L., Rau, P., Labat, D., Lavado, W., & Espinoza, J. C. (2014). 9. Las diversas facetas de El Niño y sus efectos en la costa del Perú. En S. González Molina & J.-J. Vacher (Eds.), *El Perú frente al cambio climático* (pp. 125-140). IRD Éditions. <https://doi.org/10.4000/books.irdeditions.19877>
- Espinoza, J. C., Ronchail, J., Lavado-Casimiro, W., Carranza, J., Cochonneau, G., De Oliveira, E., Pombosa, R., Vauchel, P., & Guyot, J. L. (2010). Variabilidad espacio-temporal de las lluvias en la cuenca amazónica y su relación con la variabilidad hidrológica regional. Un enfoque particular sobre la región andina. *Repositorio Institucional - SENAMHI*. <http://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/1047>

Figueroa, M., Armijos, E., Espinoza, J. C., Ronchail, J., & Fraizy, P. (2020). On the relationship between reversal of the river stage (repiquetes), rainfall and low-level wind regimes over the western Amazon basin. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 32, 100752. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2020.100752>

Giraldez, L., Silva, Y., Zubieta, R., & Sulca, J. (2020). Change of the Rainfall Seasonality Over Central Peruvian Andes: Onset, End, Duration and Its Relationship With Large-Scale Atmospheric Circulation. *Climate*, 8. <https://doi.org/10.3390/cli8020023>

Hamilton, K., & Ohfuchi, W. (Eds.). (2008). High Resolution Numerical Modelling of the Atmosphere and Ocean. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-49791-4>

Heino, M., Puma, M. J., Ward, P. J., Gerten, D., Heck, V., Siebert, S., & Kumm, M. (2018). Two-thirds of global cropland area impacted by climate oscillations. *Nature Communications*, 9(1), Art. 1. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-02071-5>

Huerta, A., Lavado-Casimiro, W., & Obando, F.O. (2022) High-resolution gridded hourly precipitation dataset for Peru (PISCOp_h). *Data in Brief*, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352340922007776>

Kessler, W. S., Cravatte, S., & Lead Authors. (2021). Final Report of TPOS 2020 (p. 83). GOOS-268. <https://tropicalpacific.org/tpos2020-project-archive/reports/>

Kessler, W., Wijffels, S., Cravatte, S., Smith, N., & Lead Authors. (2019). *Second Report of TPOS 2020* (p. 265). GOOS-234. <http://tpos2020.org/second-report/>

Machuca, R., Takahashi, K., & Martínez, A. (2014). Impactos económicos de El Niño costero en el sector vivienda a causa de inundaciones en la costa norte del Perú. <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/5053>

Montes, I., Mosquera, K., Luna, M., Gilt, H., Gazen, D., & Woodman, R. (2016). Sistema computacional de alto rendimiento para la simulación de fluidos geofísicos HPC-Linux-Clúster. *Boletín técnico: Generación de información y monitoreo del Fenómeno El Niño*, Instituto Geofísico del Perú, 3(3). <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/4663>

Rau, P., Bourrel, L., Labat, D., Melo, P., Dewitte, B., Frappart, F., Lavado, W., & Felipe, O. (2017). Regionalization of rainfall over the Peruvian Pacific slope and coast. *International Journal of Climatology*, 37(1), 143-158. <https://doi.org/10.1002/joc.4693>

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, 8 (02), 12-17.

Takahashi, K. (2022). Avances en el conocimiento y la predicción de El Niño y su diversidad en el Perú. *Boletín científico El Niño*, Instituto Geofísico del Perú, 9(7), 5-13.

Wilks, D. (2019). Statistical Methods in the Atmospheric Sciences (4th ed.). Elsevier. <https://www.elsevier.com/books/statistical-methods-in-the-atmospheric-sciences/wilks/978-0-12-815823-4>

Zubieta, R., Getirana, A., Espinoza, J. C., Lavado-Casimiro, W., & Aragon, L. (2017). Hydrological modeling of the Peruvian–Ecuadorian Amazon Basin using GPM-IMERG satellite-based precipitation dataset. *Hydrology and Earth System Sciences*, 21(7), 3543-3555. <https://doi.org/10.5194/hess-21-3543-2017>