

Secuencias extremas de precipitación en eventos ENSO frente al cambio climático

M. Florencia Iacovone^{1,2}, Vanesa C. Pántano^{1,2}, Olga C. Penalba^{1,2}

¹ *Departamento de Ciencias de la Atmósfera y Océanos (FCEyN,UBA), Argentina.*

² *Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina.*
fiacovone@at.fcen.uba.ar , vpantano@at.fcen.uba.ar , penalba@at.fcen.uba.ar

RESUMEN: El trabajo evalúa la representación de dos índices extremos climáticos: número máximo de días consecutivos secos (CDD) y húmedos (CWD) y su relación con diferentes tipos de El Niño - Oscilación del Sur (ENSO), utilizando once Modelos Climáticos Globales seleccionados del CMIP5, para el trimestre octubre-diciembre para los períodos 1979-2005 y 2070-2100, en Sudamérica. Se concluye que en el futuro CDD (CWD) aumenta (disminuye) en el Noreste (Noroeste) del continente. Por otra parte la señal del ENSO en general al Noreste de Argentina, Uruguay y Sur de Brasil pierden significancia o cambian de signo en las proyecciones futuras.

PALABRAS CLAVE: extremos climáticos de lluvia, El Niño - Oscilación del Sur, proyecciones.

1 INTRODUCCIÓN

Los eventos climáticos extremos se han convertido en foco de estudio y preocupación en los últimos años, debido a los cambios observados y proyectados que impactan en el ambiente así como también en la sociedad y en sus actividades económicas, productivas y recreativas. En este trabajo se estudian los índices que representan el valor máximo de días consecutivos secos y húmedos (CDD y CWD, respectivamente, por sus siglas en inglés), utilizados para caracterizar estas condiciones extremas, con el fin de evaluar sus cambios futuros e impactos.

Estos índices extremos han sido evaluados a escala global por los Modelos Climáticos Globales (MCGs) que participan de la fase 5 del Proyecto de Inter-comparación de Modelos Acoplados CMIP5 (Taylor et al., 2012), pero aún hay pocos trabajos que analicen su desempeño a escala regional en un análisis comparativo con las observaciones. A su vez, los MCGs nos permiten estudiar la teleconexión entre los eventos El Niño – Oscilación del Sur (ENSO, por sus siglas en inglés) con los extremos climáticos mencionados anteriormente.

Este análisis permite detectar regiones concretas de mayor y menor señal frente a los extremos climáticos y los cambios proyectados bajo el escenario RCP8.5 (Riahi et al., 2011). Las trayectorias de concentración representativas (RCP, por sus siglas en inglés), son utilizadas para hacer proyecciones a corto y largo plazo, también describen cuatro trayectorias distintas en el siglo XXI de las emisiones y las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero, las emisiones de contaminantes atmosféricos y el uso del suelo. Siendo el RCP8.5 un escenario con un nivel muy alto de emisiones de gases de efecto invernadero.

A partir de lo expuesto, este trabajo tiene como objetivo analizar, en el trimestre octubre-diciembre, los índices climáticos extremos CDD y CWD y su relación con diferentes tipos de eventos ENSO, en el presente y los cambios futuros proyectados en Sudamérica.

2 METODOLOGÍA

Los datos observacionales consistieron en datos diarios de precipitación del CPC Global Unified Precipitation data del National Center for Environmental Prediction (NCEP), y datos mensuales de Temperatura Superficial del Mar (SST, por sus siglas en inglés) NOAA Extended Reconstructed SST (ERSST), Version 5, (Chen et al., 2008). Por otro lado, se utilizaron las salidas diarias de precipitación y mensuales de SST de once MCGs, a partir del experimento historical y de las proyecciones futuras a partir del forzante RCP8.5. Los modelos son: ACCESS1-3, CCSM4, CNRM-CM5, CSIRO-Mk3-6-0, EC-EARTH, HadGEM2-ES, INMCM4, IPSL-CM5A-MR, MIROC5, MPI-ESM-MR y MRI-CGCM3. Para llevar a cabo este trabajo se consideró el trimestre octubre-diciembre para los períodos 1979-2005 y 2070-2100, en Sudamérica. Para la selección del período de estudio, se tuvo en cuenta que en dicha región la señal más fuerte del ENSO en la precipitación extrema se observa de octubre a diciembre durante los eventos La Niña (Penalba et al., 2005). Además, el trimestre mencionado se caracteriza por ser época de siembra de soja de primera y de segunda; y la segunda fecha de siembra temprana y primera, fecha de siembra tardía de maíz en la región de la Pampa Húmeda en Argentina (Occhiuzzi et al., 2018).

Para una mejor comparación de los resultados, las salidas de precipitación fueron interpoladas a una retícula común de $2,5^\circ \times 2,5^\circ$, para luego calcular los índices CDD y CWD.

Se analizaron dos tipos de eventos ENSO que se detallan a continuación. El Índice Niño Modoki (EMI, por sus siglas en inglés) basado en Ashok et al. (2007) que se calcula como $EMI = |SSTA|_A - 0,5*|SSTA|_B - 0,5*|SSTA|_C$, donde SSTA es la anomalía de la temperatura superficial del mar promediada en las regiones A ($163^\circ\text{E}-140^\circ\text{W}$, $10^\circ\text{S}-10^\circ\text{N}$), B ($110^\circ\text{W}-70^\circ\text{W}$, $15^\circ\text{S}-5^\circ\text{N}$) y C ($125^\circ\text{E}-145^\circ\text{E}$, $10^\circ\text{S}-20^\circ\text{N}$). El Niño (La Niña) Modoki se identifica si el índice EMI es mayor (menor) a $0.7\sigma_M$ ($-0.7\sigma_M$), donde σ_M es la desviación estándar de EMI. Por otro lado se calculó el Índice Niño Oceánico (ONI, por sus siglas en inglés) que considera la media de 3 meses consecutivos de anomalías de SST en la región Niño 3.4 ($5^\circ\text{N}-5^\circ\text{S}$, $120^\circ-170^\circ\text{W}$). Se define la fase cálida (fría) cuando el índice presenta valores mayores (menores) o iguales a 0.5°C (-0.5°C).

Finalmente, se calcularon las correlaciones entre los índices extremos climáticos (CDD,CWD) y los índices asociados al ENSO (EMI,ONI). Con el fin de evitar resultados espurios en este análisis se filtró la tendencia de las cuatro series.

3 RESULTADOS

Inicialmente, se calcularon distintos estadísticos de los cuatro índices con el fin de evaluar la habilidad de los modelos en representarlos. A modo de ejemplo se muestran los campos medios observacionales, de los modelos CNRM-CM5 y HadGEM2-ES, y del ensamble de los once modelos.

En la Figura 1 (panel superior) se muestran los campos medios de CDD, observándose rachas secas mayores a los 50 días cerca del desierto de Atacama y el Noreste de Brasil. Mientras que los valores más bajos (menores a 10 días) se encuentran en la región del Amazonas. Este patrón espacial puede observarse en el modelo HadGEM2-ES y en el ensamble.

Con respecto al campo medio de CWD (Figura 1 panel inferior) se puede ver que los valores más altos se encuentran en el Sudeste de Brasil con valores superiores a los 20 días consecutivos de lluvias. Sin embargo, para los modelos y el ensamble, los máximos valores (superiores a los 60 días consecutivos) se encuentran en el Noroeste del continente.

Posteriormente, a partir de las correlaciones se evalúa la señal de los distintos ENSOs en los índices climáticos extremos. El campo observacional de las correlaciones entre el índice CDD y el índice EMI (Figura 2, panel superior) presenta una señal negativa y significativa en Uruguay y al Sudeste de Brasil. Este patrón se expande espacialmente al Norte y al Sur en los dos modelos presentados. Esta señal es mayor al analizar la relación entre CDD y ONI (Figura 2, panel inferior). Es interesante observar que la señal positiva y significativa con el ONI se encuentra en el noreste de Brasil.

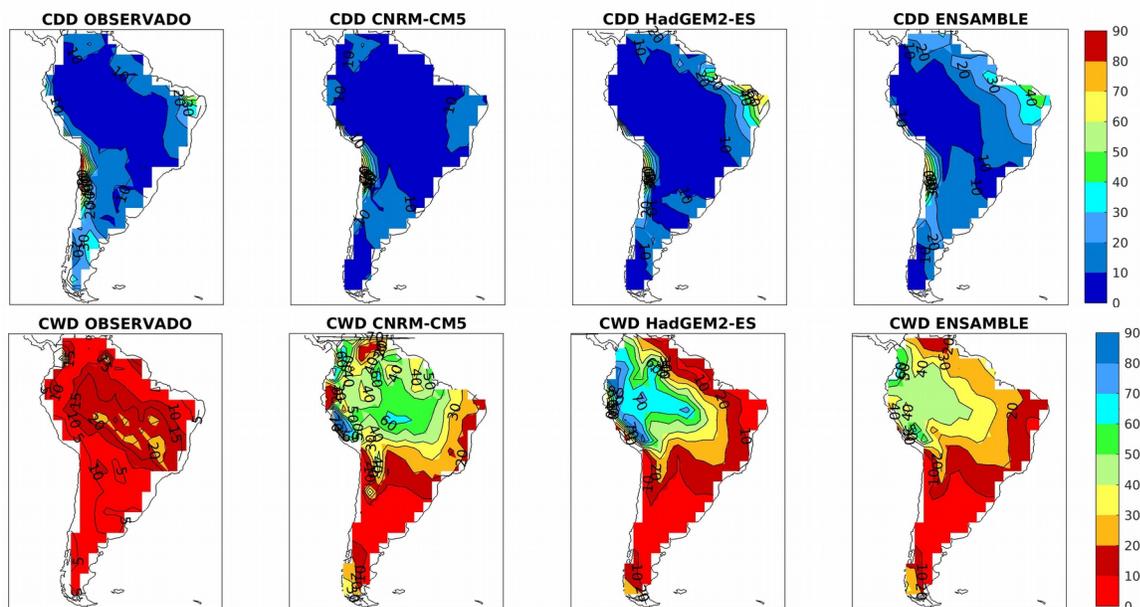


Figura 1. Campos medios del índice CDD (panel superior) y CWD (panel inferior) para el período 1979-2005 de las observaciones, modelos CNRM-CM5, HadGEM2-ES y el ensamble de los once MCGs.

La señal de los distintos tipos de ENSO se encuentra menos marcada en el índice CWD y EMI (Figura 3, panel superior) en comparación con CWD y ONI (Figura 3, panel inferior). Para los dos modelos presentados, el signo de correlación entre CWD y EMI es positivo (negativo) y significativos en el Centro-Norte (Noreste) del continente; mientras que el modelo HadGEM2-ES presenta en Uruguay correlaciones negativas y significativas. Con respecto a las correlaciones entre CWD y ONI, en particular, para el modelo HadGEM2-ES el signo de la correlación es opuesto a la señal que presenta la correlación entre CWD y EMI en Uruguay.

Seguidamente, se analizaron los cambios proyectados a partir de las diferencias entre el período futuro y el período correspondiente al experimento histórico. En la Figura 4 se presentan las diferencias de los campos medios. De acuerdo al modelo HadGEM2-ES al Noreste del continente en el futuro aumenta CDD mientras que en el Noroeste disminuyen los CWD. Este patrón de disminución de CWD se puede apreciar también en el modelo CNRM-CM5.

Al evaluar la señal entre los distintos tipos de ENSO y los índices climáticos en el futuro (Figura 5) se observa que en Uruguay y al Noreste de Buenos Aires las correlaciones entre CDD-ONI son negativas significativamente con mayor extensión espacial para el modelo CNRM-CM5 en comparación con el período 'histórico'. Mientras que para el modelo HadGEM2-ES las correlaciones negativas antes existentes al Noreste del continente dejan de ser significativas o incluso cambian de signo.

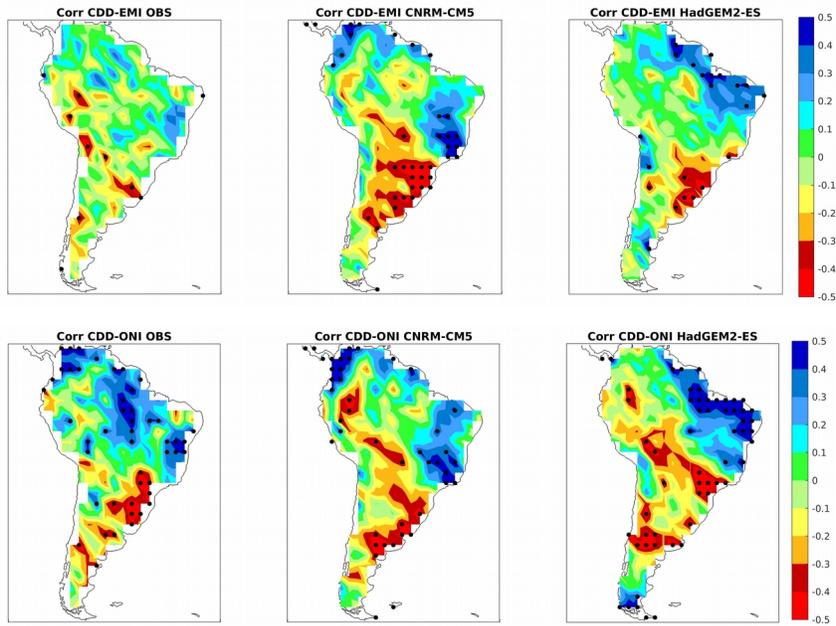


Figura 2. Campos de correlación entre los índices CDD y EMI (panel superior) y CDD y ONI (panel inferior) observado (izquierda), modelo CNRM-CM5 (centro) y modelo HadGEM2-ES (derecha). Los puntos negros representan las regiones donde la correlación es significativa con un 95% de confianza ($|r| \geq 0.38$).

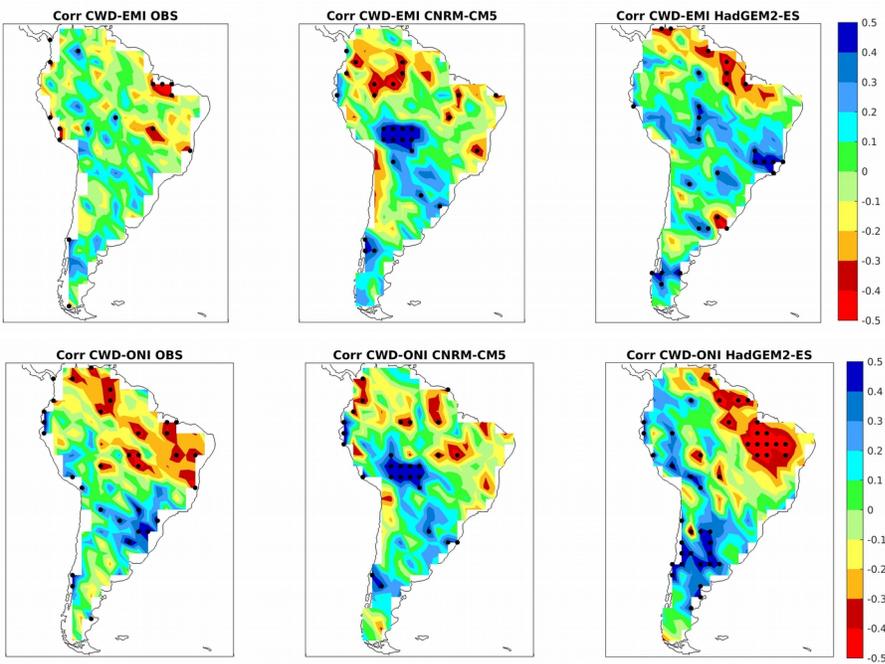


Figura 3. Campos de correlación entre los índices CWD y EMI (panel superior) y CWD y ONI (panel inferior) observado (izquierda), modelo CNRM-CM5 (centro) y modelo HadGEM2-ES (derecha). Los puntos negros representan las regiones donde la correlación es significativa con un 95% de confianza ($|r| \geq 0.38$).

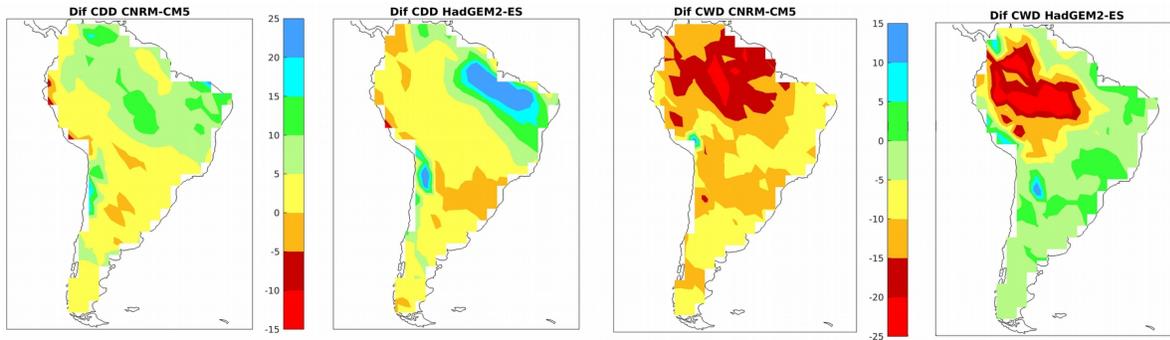


Figura 4. Representación de la diferencia de los campos medios futuros e 'histórico' para el índice CDD (panel izquierdo) y CWD (panel derecho). Modelos CNRM-CM5 (izquierda) y HadGEM2-ES (derecha).

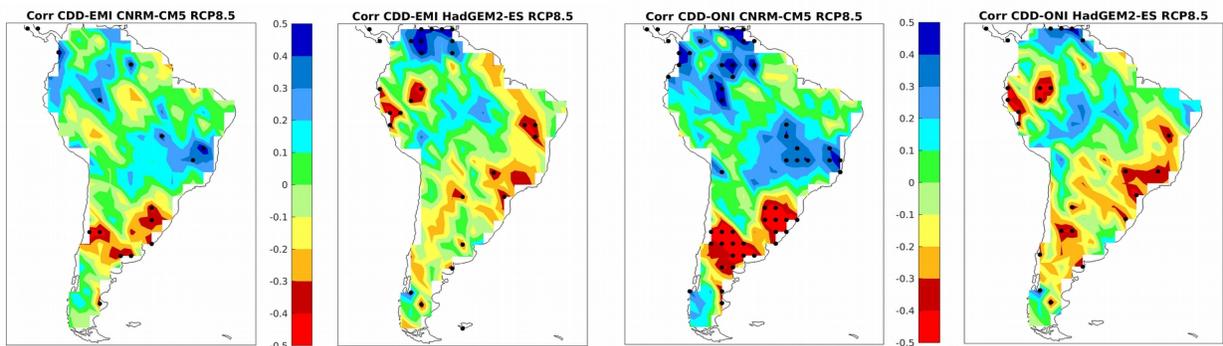


Figura 5. Campos de correlación entre CDD-EMI CDD-ONI en el panel izquierdo (derecho) de los modelos CNRM-CM5 (izquierda) y HadGEM2-ES (derecha), bajo el forzante RCP8.5. Los puntos negros representan las regiones donde la correlación es significativa con un 95% de confianza ($|r| \geq 0.35$).

Por último se presentan los campos de correlaciones entre CWD-ONI y CWD-EMI para las proyecciones (Figura 6). Con respecto a las correlaciones entre CWD-EMI en general la señal disminuye perdiendo en muchas regiones la significancia. En cambio entre CWD-ONI se aprecia al Noreste del continente un aumento de la correlación positiva, incrementando las regiones significativas.

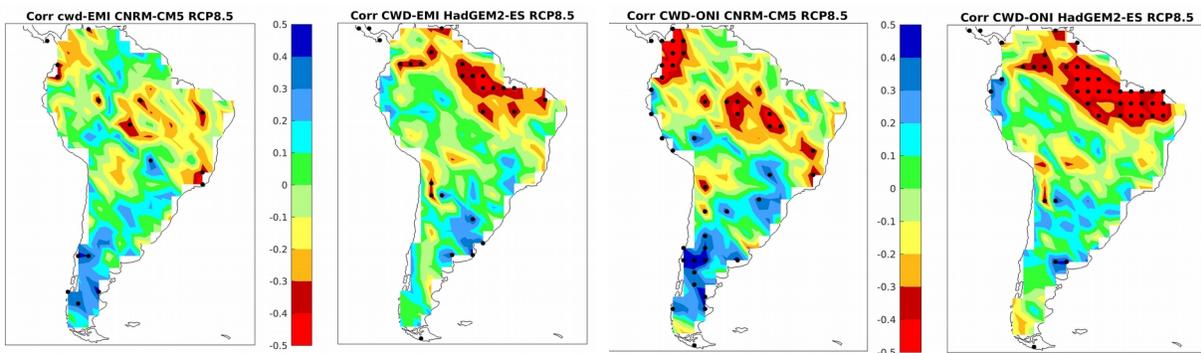


Figura 6. Campos de correlación entre CWD-EMI (CWD-ONI) en el panel derecho (izquierdo) de los modelos CNRM-CM5 (izquierda) y HadGEM2-ES (derecha), bajo el forzante RCP8.5. Los puntos negros representan las regiones donde la correlación es significativa con un 95% de confianza ($|r| \geq 0.35$).

4 CONCLUSIONES

En este trabajo se utilizaron los MCGs para estudiar los cambios en la señal de distintos tipos de ENSO sobre los índices extremos de precipitación. A partir de los campos medios, se observó que bajo el escenario futuro RCP8.5 la cantidad de días consecutivos secos presenta un aumento de 20 días en la región Noreste del continente, mientras que en el Noroeste la cantidad de días consecutivos húmedos disminuye entre 15 y 20 días. Al Noreste de Argentina y Uruguay, los índices CDD y CWD no presentan grandes cambios.

Es interesante observar que la señal del ENSO en determinadas regiones pierde significancia o cambia de signo en el futuro. Cabe destacar que las correlaciones futuras son dependientes del modelo que se analizan.

Estos cambios en la señal del ENSO sobre los índices extremos de precipitación representan un desafío de desarrollo de metodologías que involucra la interacción entre el conocimiento científico que se genera en las universidades y los generadores de servicios climáticos (Servicio Meteorológico Nacional), transferencia que se está llevando a cabo en la actualidad a partir de reuniones.

5 AGRADECIMIENTOS

A los proyectos UBACyT2018 20020170100357BA y CONICET PIP 0137.

6 REFERENCIAS

Ashok, K., Behera, S., Rao, S., Weng, H., y Yamagata, T. (2007). El Niño Modoki and its possible teleconnection. *Journal of Geophysical Research*, 112, C11007.

Chen, M., Shi, W., Xie, P., Silva, V. B., Kousky, V. E., Wayne Higgins, R., y Janowiak, J. E. (2008). Assessing objective techniques for gauge-based analyses of global daily precipitation. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 113(D4).

Occhiuzzi, S., Basualdo, A.B., Boragno, S. (2018). Mapas de Áreas Aptas para cultivos de secano en Argentina. Secretaría de Agroindustria - Ministerio de Producción y Trabajo. 48 pps. <http://www.ora.gob.ar>.

Penalba, O., Beltran, A., Messina, C. (2005). Monthly Rainfall In Central-Eastern Argentina and ENSO. A Comparative Study of Rainfall Forecast Methodologies. *Rev. Bras. Agromet.*, 13(2).

Taylor, K., Stouffer, R. y Meehl, G. (2012). An Overview of CMIP5 and the experiment design. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 93.

Riahi, K., Rao, S., Krey, V., Cho, C., Chirkov, V., Fischer, G., ... & Rafaj, P. (2011). RCP 8.5—A scenario of comparatively high greenhouse gas emissions. *Climatic Change*, 109(1-2), 33.