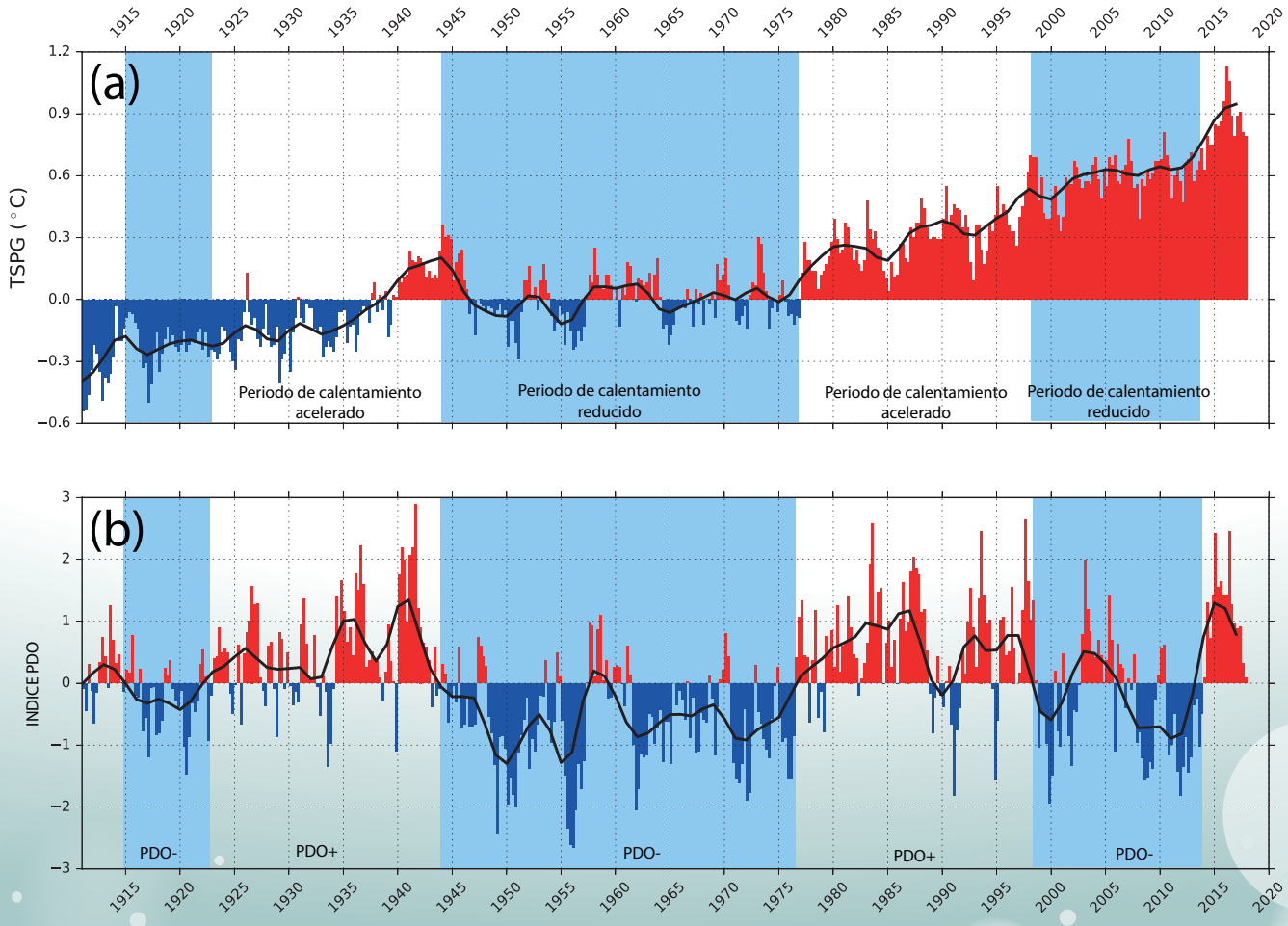
PERÚ Ministerio del Ambiente | Instituto Geofísico del Perú - IGP

Programa Presupuestal por Resultados Nº 068 “Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”. Producto: “Estudios para la estimación del riesgo de desastres”

“Generación de información y monitoreo del Fenómeno El Niño”

Boletín Técnico

La Variabilidad interdecadal del Pacífico: El Papel del Océano



Temperatura superficial promedio global (TSPG, a) y la PDO (b) en los últimos 117 años

Evaluación de la predictibilidad potencial en el Hemisferio Sur utilizando el modelo CESM

Carlos Enciso, Jorge Reupo y Ken Takahashi
Instituto Geofísico del Perú

Introducción

Los pronósticos del clima en una escala de tiempo estacional son importantes para el planeamiento y toma de decisiones. El entendimiento de la predictibilidad potencial y la habilidad real de las predicciones de la variabilidad climática es esencial para la mejora de estas, y su conocimiento permite que los tomadores de decisiones sepan en qué lugares los modelos son informativos o no. (Feng et al., 2012 ; Osman et al., 2016; Smith et al., 2014).

Los estudios iniciales de predictibilidad estacional potencial fueron realizados mediante simulaciones con Modelos Atmosféricos Climáticos Globales (AGCMs, siglas en ingles), en los cuales se analizaron los efectos de los forzantes de frontera, tales como la temperatura superficial del mar (SST, siglas en ingles) prescrita y concentración de hielo marino (SIC, siglas en ingles) (ej. Phelps et al., 2004; Taylor et al., 2000; Wang et al., 2009). Por lo mencionado por Brankovic et al. (1994), las pequeñas variaciones en estos forzantes (e.g., anomalías en la SST) pueden tener un efecto significativo sobre la respuesta de la atmósfera. Esto ha sido la base en los cálculos de predictibilidad potencial estacional, donde la palabra "potencial" hace referencia a que esto asume conocer perfectamente las condiciones de frontera que normalmente, como la SST, deben también ser pronosticadas.

Para el presente estudio, se han realizado simulaciones con el modelo NCAR CESM, el cual está instalado en el Instituto Geofísico del Perú (IGP) (Enciso et al., 2017). Las simulaciones fueron del tipo AMIP, que es un protocolo estándar en el cual la SST y SIC son prescritas y están basadas en observaciones (Taylor et al., 2000 y 2012). Para las mismas condiciones de frontera se realizó un conjunto o *"ensemble"* de 30 corridas con diferencias muy pequeñas en las condiciones iniciales. Esto permite evaluar el ruido asociado a los procesos caóticos propios de la atmósfera y, además, distinguirla de la señal climática asociada a las condiciones de frontera (Phelps et al., 2004; Takahashi, 2015).

Este estudio sigue la metodología de Osman et al. (2015), el cual es uno de los pocos que se han realizado en el Hemisferio Sur (HS). El enfoque es en la variable altura geopotencial (HGT), el cual nos permite realizar comparaciones con el estudio de Osman et al. (2015), quienes evaluaron la predictibilidad utilizando un ensemble de multiples modelos (MME, siglas en ingles).

Metodología

Las simulaciones retrospectivas o *"hindcast"* se realizaron con el Community Earth System Model (CESM, version 1.2.2), creado por el *National Center for Atmospheric Research* (NCAR) e instalado en el HPC-Linux-Cluster (Enciso et al., 2017; Santillán et al., 2017). Se utilizó en el modelo la configuración estándar F_AMIP_CAM5, el cual utiliza el protocolo de simulaciones del tipo AMIP para el periodo 1980-1994. Se realizó un *"ensemble"* alterando las condiciones iniciales de la temperatura en toda la columna vertical con perturbaciones del orden de 10-14 (variable *"pertlim"* del modelo). Al igual que Osman et al. (2015), se siguió la metodología propuesta por Schubert et al. (2002); calculando la señal *("signal")*, ruido *("noise")*, predictibilidad potencial estacional de altura geopotencial (HGT) y correlación de anomalías (ACC) , en tres niveles verticales (200, 500 y 850 hPa) (ver Tabla 1).

$$N^2=\frac{1}{n(m-1)}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=i}^{m}\left(x_{ij}-\overline{x_i}\right)^2 \quad (1)$$

$$S^2=EN-\frac{1}{m}N^2 \quad (2)$$

$$EN=\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}\left(\overline{x_i}-\overline{x}\right)^2 \quad (3)$$

$$\overline{x}=\frac{1}{(n\cdot m)}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}x_{ij} \quad (4)$$

$$P_b=\frac{S^2}{V}=\frac{S^2}{S^2+N^2} \quad (5)$$

$$ACC=\sum_{j=1}^{m}\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(x_j(i)-\overline{x_j}\right)\times\left(o(i)-\overline{o}\right)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}\left(x_j(i)-\overline{x_j}\right)^2\times\sum_{i=i}^{n}\left(o(i)-\overline{o}\right)^2}} \quad (6)$$

Tabla 1. Ecuaciones para el cálculo de la varianza interna o varianza de ruido (N2). la varianza externa (S2), la media climática considerando todos los miembros del *ensemble* , la predictibilidad potencial (Pb) y correlación de anomalías (ACC). Las variables descritas son: "x", es la variable a analizar Altura geopotencial (HGT), "i" indica el año individual, "n" la cantidad de tiempo a analizar (1980-1994), "j" es el miembro del *ensemble* analizado, siendo "m" la cantidad total de ellos (m=30).

La habilidad de pronóstico (forecast skill) se evaluó a través del cálculo de la correlación de anomalías (ACC), expresada en la Ec. 6, para determinar si el potencial de predictibilidad es significativo o no; definiéndose este método como correlación entre las anomalías de la simulación de los miembros del *ensemble* y los valores observacionales. Para esto último se utilizaron los datos de reanálisis NCEP-NCAR (Kalnay et al., 1996).

Resultados

La Figura 1 muestra la varianza de la señal, así como la varianza del ruido, para la altura geopotencial (HGT), en 200, 500 y 850 hPa, para los periodos de diciembre-febrero (DJF) y junio-agosto (JJA). Durante DJF, los máximos valores en la señal se encuentran en los niveles más altos en el Pacífico tropical, pero la señal es débil en los niveles más bajos de la troposfera, incrementándose en latitudes altas. El ruido en DJF es mayor en latitudes altas, en todos los niveles verticales. En JJA, la señal es más débil que en DJF, con valores máximos en los extratrópicos en todos los niveles, así como en niveles altos en el Pacífico Central. Estos resultados, son muy similares a los obtenidos por Jha and Kumar (2009) y Osman et al. (2015).

La Figura 2 muestra la predictibilidad potencial (Pb), calculada por la Ec. (3), para ambos periodos. Pb es alta a lo largo de la banda tropical, mientras que, sobre latitudes medias, prácticamente es insignificante. El Pb, es mayor en los niveles altos y menor en las niveles bajos de la troposfera. En DJF la predictibilidad potencial es alta en 200 hPa y 500, sobre el Pacífico Oriental y Central, con valores cercanos a uno, pero exhibe valores moderados (entre 0.6 a 0.7) sobre el sudeste subtropical, consistente con Jha and Kumar (2009) y Osman et al. (2015). Por otra parte, sobre el Pacífico Occidental se encuentran valores altos de Pb en 850 hPa, donde también se observan altos valores en la señal (Fig. 1). Para JJA, los valores no difieren mucho de los encontrados en niveles medios y altos, hallándose valores mayores a 0.9 a lo largo del Pacífico Occidental y Central. En los extratrópicos, los valores mas altos de Pb en JJA, entre 0.6 a 0.8, superan los encontrados en DJF.

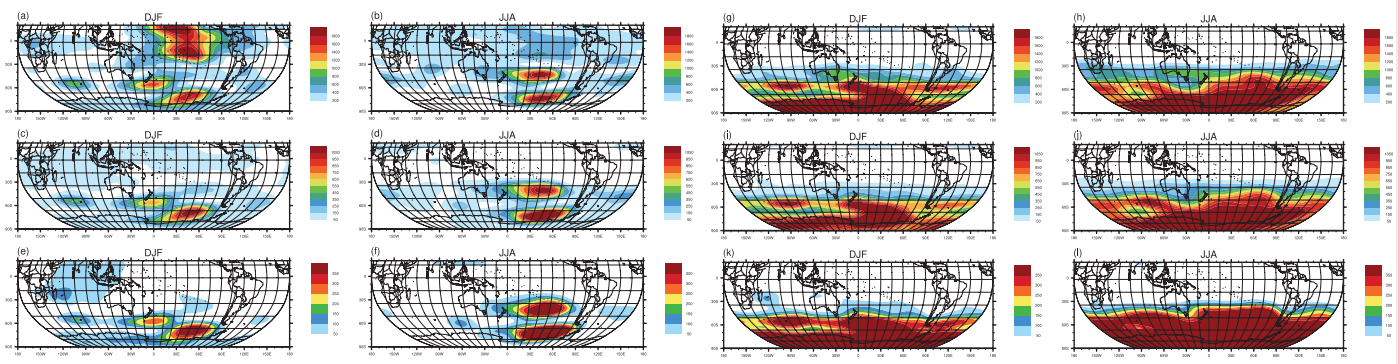


Figura 1.- Varianza estacional de la señal (S^2), para altura geopotencial: (a) DJF 200hPa, (b) JJA 200 hPa, (c) DJF 500 hPa, (d) JJA 500 hPa, (e) DJF 850 hPa, (f) JJA 850 hPa. Varianza estacional del ruido (N^2), para altura geopotencial: (g) DJF 200 hPa, (h) JJA 200 hPa, (i) DJF 500 hPa, (j) JJA 500 hPa, (k) DJF 850 hPa, (l) JJA 850 hPa. Unidades en m^2.

Evaluación de la predictibilidad potencial en el Hemisferio Sur utilizando el modelo CESM

Carlos Enciso, Jorge Reupo y Ken Takahashi
Instituto Geofísico del Perú

La habilidad de predicción o "forecast skill" se muestra en la Fig. 3. La distribución espacial muestra valores altos en los trópicos, disminuyendo estos para los extratrópicos y latitudes altas. Con valores en los trópicos entre 0,7 a 0,9, para niveles altos y medios. En DJF, la predictibilidad es la más baja sobre latitudes medias (0.2). En JJA, las simulaciones en los extra trópicos presentan valores muy bajos (0.1) en todos los niveles; observándose así valores por debajo de 0.1, para el noroeste de Sudamérica a 850 hPa.

Conclusiones

La evaluación de la predictibilidad en el hemisferio sur (HS), fue realizada por medio de un *ensemble* de 30 simulaciones AMIP con el modelo CESM 1.2.2. Se analizó la altura geopotencial en los niveles 200, 500 y 850 hPa para los periodos estacionales DJF y JJA, siguiendo la metodología descrita por Osman et al. (2015), encontrándose gran concordancia con sus resultados y los de Jha and Kumar (2009).

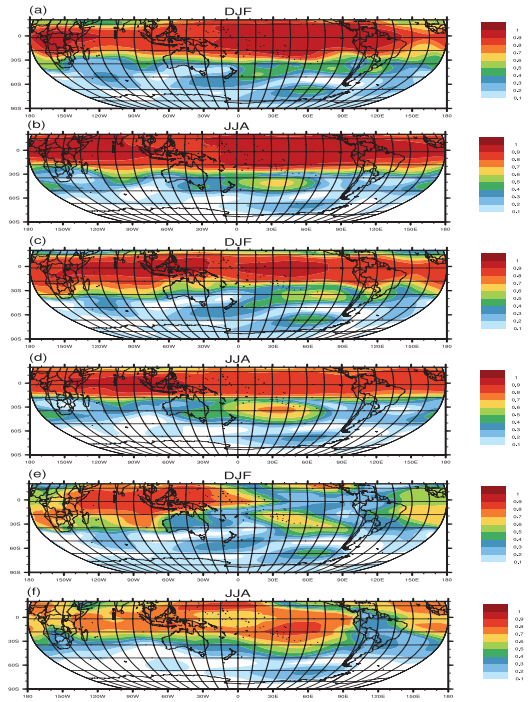


Figura 2.- Potencial de predictibilidad, definida el ratio entre la varianza externa (señal) y la varianza total (señal + ruido), para altura geopotencial: (a) DJF 200hPa, (b) JJA 200 hPa, (c) DJF 500 hPa, (d) JJA 500 hPa, (e) DJF 850 hPa, (f) JJA 850 hPa.

A pesar que la señal encontrada es grande en latitudes polares, para niveles verticales medios y bajos, la predictibilidad es mayor en los trópicos, disminuyendo a valores nulos hacia los polos. En todos los niveles analizados, la predictibilidad es mayor en DJF que en JJA, excepto en el nivel inferior (850 hPa), alcanzando valores máximos sobre el Pacífico Oriental en los 200 hPa, mientras que en niveles más bajos, sus mayores valores se encuentran en el océano Pacífico Occidental y la India. Estos resultados son similares a los obtenidos por Osman et al. (2015).

El presente estudio resalta los valores relativamente altos de la predictibilidad potencial y la habilidad de predicción sobre el trópico y algunas regiones del Hemisferio Sur (HS). Asimismo, se encuentran grandes señales sobre los trópicos, en el Pacífico Sur-Oriental (Fig.1), los cuales pueden permanecer en eventos ENSO (El Niño – Oscilación del Sur), encontrándose estas también por Osman et al. (2015), pudiéndose atribuir a trenes de ondas Rossby, los cuales se propagan hacia latitudes polares, y tienen influencia sobre los niveles de predictibilidad sobre esta región. Más adelante se evaluará el efecto de los eventos ENSO sobre la señal y la predictibilidad.

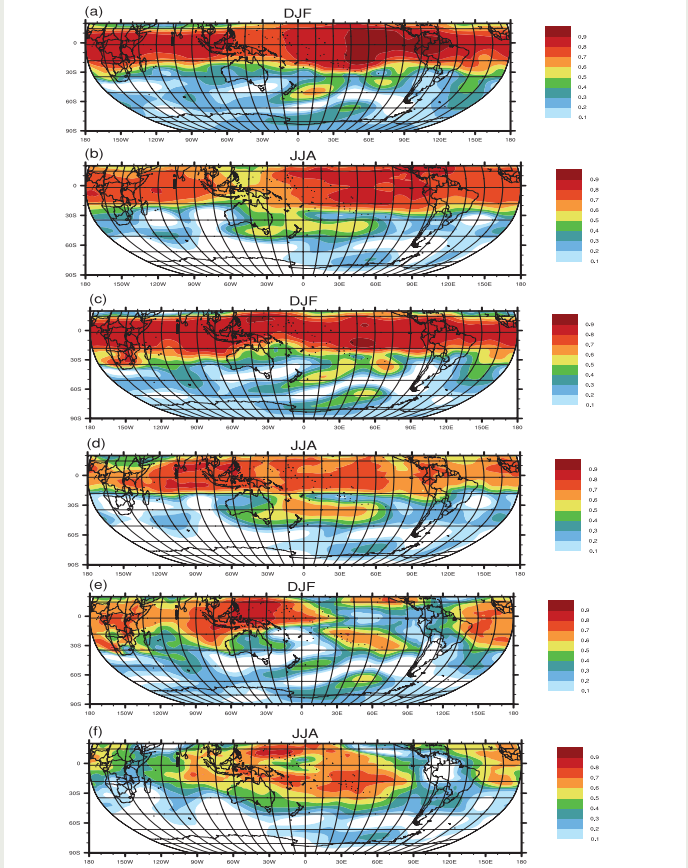


Figura 3.- La habilidad de predicción, definido como el promedio de Coeficiente de Correlación de Anomalías (ACC), para cada uno de los miembros de los ensembles, calculado para altura geopotencial (HGT): (a) DJF 200hPa, (b) JJA 200 hPa, (c) DJF 500 hPa, (d) JJA 500 hPa, (e) DJF 850 hPa, (f) JJA 850 hPa. Valores de ACC mayor iguales a 0.6, representan buenas zonas de predictibilidad.

Referencias

Brankovic, C., T. N. Palmer, and L. Ferranti. 1994: Predictability of seasonal atmospheric variations. J. CLimate, 7, 217-237.

Enciso, C., Reupo, J., y Takahashi, K. 2017: Implementación y evaluación del modelo atmosférico de circulación global CAM5. Boletín Técnico, Instituto Geofisico del Perú, Mayo, 4, 5, 8-9.

Feng, X., T. DelSole, and P. Houser. 2012: Methods for estimating seasonal potential predictability: Analysis of Covariance. J. Climate, 25, 5292–5308.

Jha B., Kumar, A.2009: A comparative analysis of change in the first and second moment of the PDF of seasonal mean 200-mb heights with ENSO SSTs. J Clim 22:1412–1423. doi:10.1175/2008JCLI2495.1
Kalnay et al. (1996) The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. Bull Am Meteorol Soc 77:437–470

Osman, M., Vera, C., Doblas-Reyes, F. 2015: Predictability of the tropospheric circulation in the Southern Hemisphere from CHFP models. Clim Dyn, 1–12

Osman, M., Vera, CS., Doblas-Reyes, FJ.2016: Predictability of the tropospheric circulation in the Southern Hemisphere from CHFP models. Clim Dyn 46(7):2423–2434. doi:10.1007/s00382-015-2710-2

Phelps, MW., Kumar, A., O'Brien, JJ. (2004) Potential predictability in the NCEP CPC dynamical seasonal forecast system. J Clim 17:3775–3785

Santillán, O., Gilt, H., Ingunza, Mosquera, K. y Montes, I. 2017: Diseño del Sistema HPC-Linux-Clúster del IGP. Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Instituto Geofisico del Perú, Marzo, 4, 3, 7-9.

Schubert, SD., Suarez, MJ., Pegion, PJ., Kistler, MA., Kumar, A. 2002: Predictability of zonal means during boreal summer. J Clim 15:420–434

Smith, L. A., Du, H., Suckling, E. B., & Niehörster, F. 2014: Probabilistic skill in ensemble seasonal forecasts. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society. doi:10.1002/qj.2403

Takahashi, K. 2015: La ciencia de la predicción. Boletín Técnico, Instituto Geofisico del Perú, Octubre, 2, 10, 4-8.

Taylor, K. E., D. Williamson, and F, Zwiers. 2000: The sea surface temperature and sea-ice concentration boundary conditions of AMIP II simulations. PCMDI Rep. 60, 20 pp.

Taylor, K. E., Stouffer, RJ., Meehl, GA. 2012: An overview of CMIP5 and the experiment design. Bull Am Meteorol Soc 93(4):485–498. doi:10.1175/BAMS-D-11-00094.1

Wang, B., Lee J-Y, Kang I-S, Shukla J, Park CK, Kumar A, Schemm J, Cocke S, Kug JS, Luo JJ, Zhou T, Wang B, Fu X, Yun WT, Alves O, Jin E, Kinter J, Kirtman B, Krishnamurti T, Lau N, Lau W, Liu P, Pegion P, Rosati T, Schubert S. 2009. Advance and prospectus of seasonal prediction: Assessment of the APCC/CliPAS 14-model ensemble retrospective seasonal prediction (19802004). Clim. Dyn. 33: 93–117.