

LA CIRCULACIÓN DE HADLEY AL SUDOESTE DE AMÉRICA DEL SUR: MÉTRICAS PARA SU CARACTERIZACIÓN

Elizabeth Beatríz Naranjo Tamayo¹, Juan Antonio Rivera¹, Maximiliano Viale¹, Ricardo Villalba¹

enaranjotamayo@mendoza-conicet.gob.ar

¹Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA, CONICET-Mendoza)

Palabras clave: métricas, circulación de Hadley, sudoeste de Sudamérica

1) INTRODUCCIÓN

Las tendencias decrecientes de la precipitación sobre la región sudoeste de América del Sur y sus vínculos con forzantes regionales y hemisféricos, incluyendo la rama de descenso de la Celda de Hadley, ampliamente justifica el estudio de la circulación atmosférica en esa región. Ante las tendencias observadas y proyectadas de expansión en la circulación de Hadley hacia latitudes polares, diversas métricas a escala global y regional fueron generadas para determinar la posición latitudinal de la rama de descenso de dicha circulación. No obstante, ¿cuáles son las métricas óptimas para determinar las variaciones en la posición latitudinal de la rama de descenso de la circulación de Hadley en la región sudoeste de América del Sur?. En este trabajo se realiza una evaluación de las métricas existentes y sus relaciones con los cambios documentados en la precipitación en la región del sudoeste de América del Sur.

2) METODOLOGÍA Y DATOS

Para la evaluación se consideraron ocho métricas globales y dos regionales. Cada una de ellas contempla diferentes aspectos de la circulación de Hadley. En la Figura 1 se pueden observar esquemáticamente estas métricas.

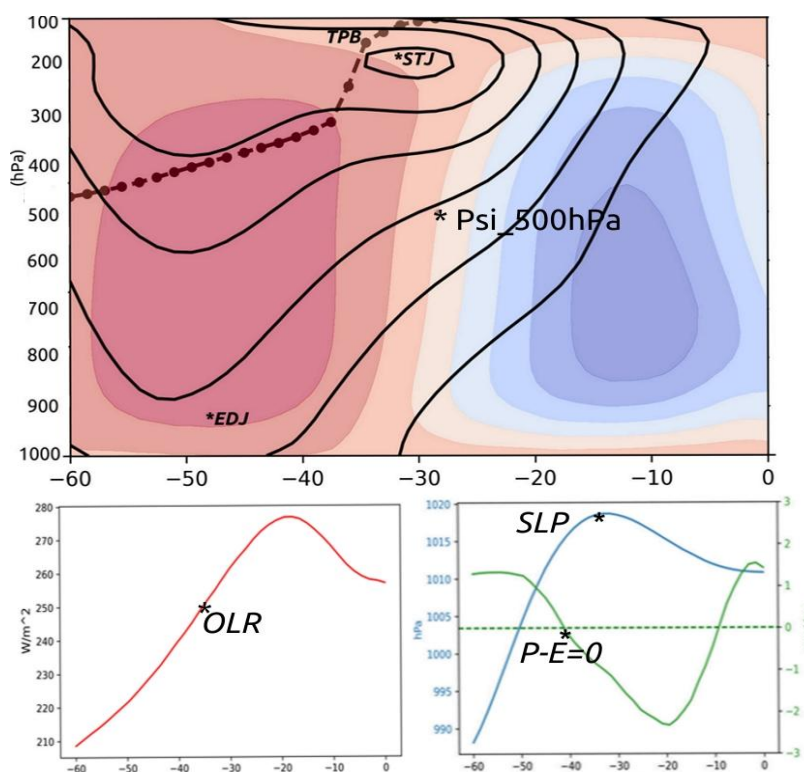


Figura 1. Representación esquemática de diferentes aspectos de la circulación de Hadley. Panel superior: se representa a la Celda de Hadley en azul; Celda de Ferrel en rojo, Altura de la tropopausa (TPB) (línea punteada en marrón), Corriente en chorro subtropical (STJ, representada por el máximo del viento medio zonal en contornos negros y asterisco), ψ_{500hPa} (el asterisco representa la posición de la rama de descenso de la Celda de Hadley), eddy driven jet

(EDJ) representado con asterisco. En el panel izquierdo inferior en línea roja se observa la radiación de onda larga saliente (OLR), el asterisco representa donde $OLR=250Wm^{-2}$. En el panel inferior derecho se observa el máximo de la presión a nivel del mar (SLP) con un asterisco sobre la línea azul y donde la Precipitación menos la evaporación es igual a cero (P-E, asterisco en línea verde).

Dentro de las métricas globales, se encuentran: a) ψ_{500hPa} es la latitud donde la función corriente de flujo de masa en 500 hPa es igual a cero; b) la ruptura de la tropopausa (TPB), es decir, donde la altura de la tropopausa cambia abruptamente entre los trópicos y los extratropicos; c) la latitud en la que la radiación de onda larga saliente (OLR) media zonal es igual a $250Wm^{-2}$; d) la latitud del máximo promedio vertical del viento zonal entre los niveles de 100 y 400 hPa en la banda de latitud 15–70° (STJ); e) la latitud del máximo del viento zonal medio zonal en 850 hPa (eddy driven jet - EDJ); f) la latitud donde la precipitación menos evaporación (P-E) es igual a cero; g) la latitud subtropical donde el viento zonal medio cercano a la superficie cambia de signo (vientos tropicales del este a vientos de latitud media del oeste, UAS); y h) la latitud del máximo de presión a nivel del mar (SLP). Dentro de las métricas regionales se encuentra la posición e intensidad del Anticiclón del Pacífico Sur (STRP, Barrett y Hameed, 2016) y la latitud en que la función corriente del flujo de masa en 500 hPa se hace cero en la banda longitudinal 110° W - 50° W (PSI_R, Vera et al., 2019). La métrica ψ_{500hPa} es tomada como el parámetro de referencia en este estudio.

Las métricas globales fueron calculadas a partir del paquete Tropical width Diagnostics (PyTropD, desarrollado en Python, Adam et al. 2018). Las variables utilizadas para realizar dichos cálculos se obtuvieron del reanálisis ERA-Interim del European Centre for Medium-Range Weather Forecast (ECMWF), con una resolución espacial de 1.5° x 1.5°.

Las series de la posición latitudinal media mensual de la circulación de Hadley obtenidas fueron desestacionalizadas previo al cálculo de las correlaciones. La desestacionalización se realizó a partir de remover la media mensual climatológica (1980-2010) de cada uno de los valores medios mensuales. Además, se realizó una caracterización climatológica de la posición media anual y estacional de cada una de las series obtenidas y se calcularon las tendencias de dichas series a partir del test de Mann-Kendall con un nivel de significancia del 95%.

3) RESULTADOS

Cuando se analiza la posición latitudinal media anual (Fig.2) se puede observar de forma general que existe un rango en las latitudes medias anuales (entre los 30° y 33° S) para las métricas PSI, PSI_R, SLP, UAS y STRP. En cambio, algunas métricas como TPB y OLR muestran medias latitudinales que oscilan entre los 37° y 40° S. Las diferencias en la posición latitudinal de las métricas EDJ y P-E con respecto a las métricas inicialmente mencionadas se deben al aspecto climático que representan. En cuanto a la estacionalidad, se observa en casi todas las métricas el desplazamiento hacia el polo en verano y hacia el ecuador en invierno a excepción de EDJ, cuyo desplazamiento hacia el polo es máximo en primavera.

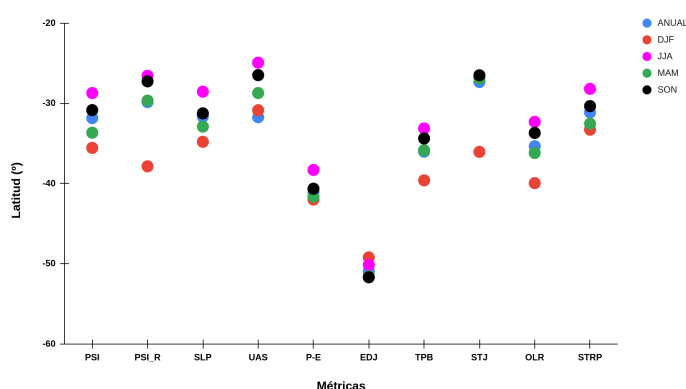


Figura 2. Posición latitudinal media anual (círculo azul) y estacional (DJF-círculo rojo; JJA-círculo magenta; MAM-círculo verde; SON-círculo negro) de las métricas para el período 1980-2010.

En relación a las correlaciones interanuales entre todos los pares de métricas analizadas se observan altos valores de correlación significativa (nivel de significancia de 95%) entre los pares de métricas SLP, UAS y P-E con PSI (Fig. 3), así como una correlación casi perfecta y significativa entre UAS y SLP. Además, se observa una correlación significativa entre las métricas antes mencionadas UAS y SLP con STRP y la métrica del EDJ, mientras que las correlaciones de TPB, STJ y OLR con PSI no son estadísticamente significativas. En cuanto a la métrica regional PSI_R presenta bajos valores de correlación con el resto de las métricas y sin significancia estadística.

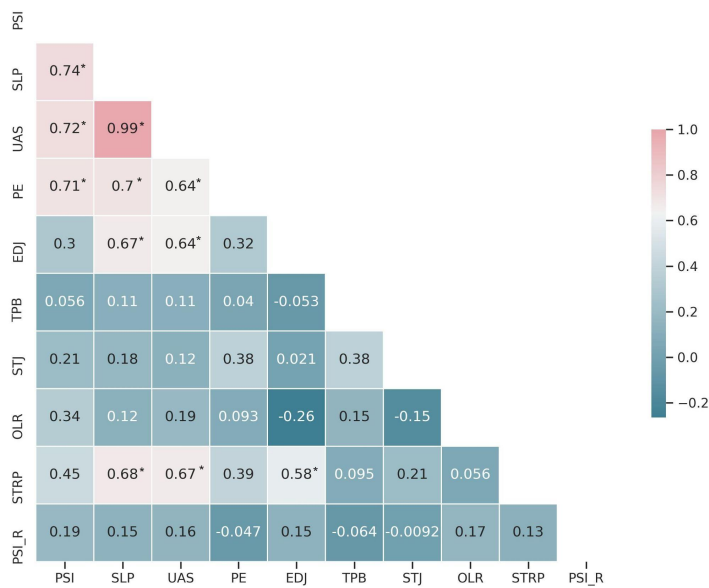


Figura 3. Correlación anual entre pares de métricas del reanálisis ERA Interim para el periodo 1980-2010. El asterisco simboliza donde la correlación es estadísticamente significativa a un 95% de confianza.

CONCLUSIONES

En cuanto a las métricas globales se obtuvieron altos valores de correlación significativa entre los pares de métricas SLP, UAS y P-E con PSI. A su vez estas métricas presentaron los mayores valores de tendencias negativas significativas a un 95% de confianza por década. En relación a las métricas regionales, STRP presenta correlaciones significativas con SLP, UAS y el EDJ. Las métricas SLP y UAS capturan la variabilidad en la latitud en la que la función de corriente de flujo de masa en 500 hPa es igual a cero, la definición dinámica convencional del borde de la celda de Hadley. Por lo cual, la métrica STRP es un buen proxy a nivel regional. En cambio, la métrica PSI_R presentó bajos valores de correlación y la tendencia anual decenal no es significativa. Por lo antes mencionado, las métricas más adecuadas para caracterizar la posición latitudinal de la Celda de Hadley al sudoeste de Sudamérica serían PSI, SLP, UAS, P-E y STRP.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- Adam, O y colaboradores, (2018).** The TropD software package: Standardized methods for calculating tropical width diagnostics. Geosci. Model Develop. Discuss., <https://doi.org/10.5194/gmd-2018-124>.
- Barret, B y Hameed, S, (2017).** Seasonal Variability in Precipitation in Central and Southern Chile: Modulation by the South Pacific High. Journal of Climate, <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-16-0019.1>
- Vera, C.S y colaboradores, (2019).** Influence of Anthropogenically-Forced Global Warming and Natural Climate Variability in the Rainfall Changes Observed Over the South American Altiplano. Front. Environ. Sci., 13 June 2019 | <https://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00087>