

# REGIONALIZACIÓN DE PERÍODOS SECOS Y HÚMEDOS EN ARGENTINA

\*M. E. Pérez de Mendiola<sup>1,2,3</sup>, J. Blázquez<sup>3</sup>, S. A. Solman<sup>4,1,2</sup>  
[maria.eugenia.perezdemendiola@cima.fcen.uba.ar](mailto:maria.eugenia.perezdemendiola@cima.fcen.uba.ar)

<sup>1</sup>CONICET - UBA, Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA).

<sup>2</sup>CNRS - IRD - CONICET - UBA, IFAECI (IRL 3351 IFAECI).

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas (UNLP).

<sup>4</sup>UBA - FCEN, Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (DCAO).

**Palabras clave:** SPEI; análisis de componentes principales; clusterización

## 1) INTRODUCCIÓN

En este trabajo se realizó una regionalización de acuerdo con la variabilidad temporal de períodos secos y húmedos en Argentina. Los mismos fueron definidos en base al índice estandarizado de precipitación y evapotranspiración, SPEI (Vicente-Serrano y otros, 2010). Este índice presenta la ventaja de ser estandarizado, con lo que permite la comparación entre distintos puntos en el espacio. La estandarización permite además el monitoreo tanto de condiciones húmedas como secas. Otra de las ventajas del SPEI es que puede ser calculado en distintas escalas temporales, con lo cual se pueden monitorear condiciones húmedas y secas asociadas a diferentes forzantes. Además, debido a que incluye la temperatura (a través de la evapotranspiración), el SPEI es un buen índice para ser utilizado en estudios de cambio climático.

## 2) METODOLOGÍA

En este trabajo, el SPEI se calculó a partir de datos grillados diarios CPC de precipitación (Chen y otros, 2008) y temperatura (provistos por NOAA/OAR/ESRL PSL, Boulder, Colorado, USA), para el período 1980-2017. Los datos fueron llevados a escala mensual mediante promedios en el caso de la temperatura y acumulados en el caso de la precipitación. Tanto el cálculo de la evapotranspiración (Thornthwaite, 1948), como el del SPEI fueron realizados con el paquete de R “SPEI” (Beguería y otros, 2014). El dominio analizado es el comprendido entre los 80° O y 50° O y entre los 20° S y 55° S. Se consideraron las escalas de tiempo de 1, 3, 6 y 12 meses (SPEI1, SPEI3, SPEI6 y SPEI12, respectivamente) y se utilizaron en conjunto para definir meses secos y húmedos, de la siguiente manera:

- a) Meses húmedos de período corto: aquellos que presentan valores de  $SPEI1 > 1$  y  $SPEI6 > 0$
- b) Meses húmedos de período largo: aquellos con valores de  $SPEI3 > 1$  y  $SPEI12 > 0$
- c) Meses secos de período corto: aquellos que presentan valores de  $SPEI1 < -1$  y  $SPEI6 < 0$
- d) Meses secos de período largo: aquellos con valores de  $SPEI3 < -1$  y  $SPEI12 < 0$

Se obtuvo entonces para cada categoría y para cada punto de grilla una serie temporal de unos y ceros, donde el uno indica que el mes cumple la condición y el cero que no la cumple. Usando estas series, se procedió posteriormente a regionalizar la zona de estudio, distinguiendo zonas con un comportamiento temporal similar. Para ello se abordaron diferentes metodologías: el algoritmo de agrupamiento no-jerárquico de k-means, el análisis de componentes principales (ACP) en modo S, ACP rotadas a través del método Varimax y una combinación de métodos (Bettolli y otros, 2010). Cuando se utilizó k-means, la selección de la cantidad de clusters óptima se realizó mediante el estadístico pseudo-F. El mismo es

proporcional al cociente de las variabilidades entre clusters y dentro de cada cluster. El número óptimo de clusters se determina buscando los máximos locales de esta cantidad. Para determinar la cantidad de componentes principales (PCs) a retener en ACP se utilizó el “scree test”.

La regionalización mediante ACP, ya sean rotadas o no, se hizo mediante los factores de peso. La cantidad de regiones determinadas es igual a la cantidad de componentes retenidas y se utilizó el criterio de máximo factor de peso para asignar cada punto de retícula a una región. Si un punto presenta un factor de peso  $|r| < 0.25$ , no posee una relación significativa y no se le asigna a ninguna región.

Para la combinación de métodos se aplicó k-means sobre los factores de peso obtenidos previamente mediante el ACP. Se hizo tanto para los factores originales como para los rotados. Se realizaron además pruebas de sensibilidad reteniendo distintas cantidades de componentes.

### 3) RESULTADOS

Se muestran los resultados obtenidos para el caso de los meses húmedos de período corto. Las demás categorías mostraron resultados similares.

Una de las principales dificultades a la hora de regionalizar es la selección de la cantidad de regiones (número de clusters o de componentes retenidas, según el método)

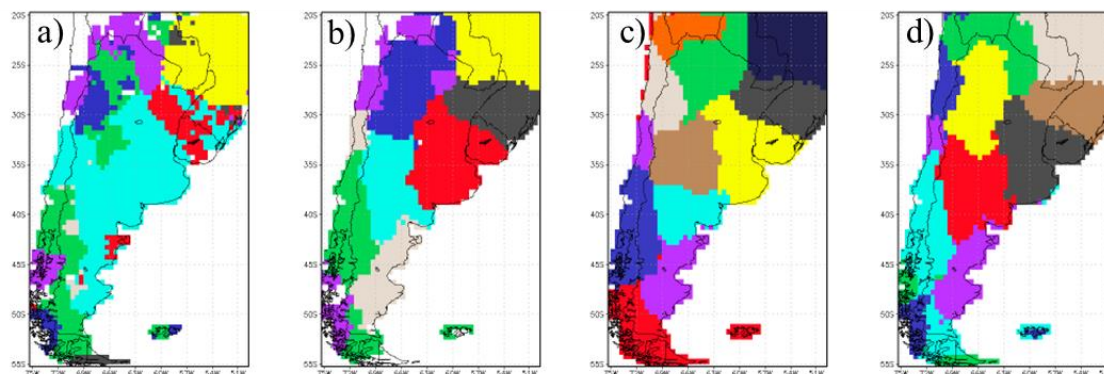


Figura 1: regionalización obtenida mediante la aplicación de los métodos: a) ACP, b) ACP rotadas, c) k-means, d) k-means aplicado sobre las componentes principales rotadas, para el caso de  $SPEI1 > 1$  y  $SPEI6 > 0$ .

En el caso de ACP, el scree test sugirió usar 8 regiones, mientras que para k-means la prueba con el estadístico pseudo-F mostró picos locales para el uso de 6, 11, 15 y 18 regiones (no mostrado). Se decidió utilizar 11 clusters por considerarse a las demás opciones excesivas o insuficientes.

La regionalización obtenida mediante ACP no resultó satisfactoria, ya que algunas regiones resultaron muy pequeñas y con fronteras poco definidas (Figura 1a). Existen además puntos que no fueron asignados a ninguna región, indicados en blanco. Por otro lado, las componentes rotadas y k-means mostraron regiones más definidas y con tamaños comparables (Figuras 1 b y c). Además, ambas regionalizaciones son muy similares entre sí, principalmente sobre la región noreste del dominio y el centro de la Patagonia y Chile. Cabe destacar que la selección de los colores de los clusters en la Figura 1 es aleatoria y con el objetivo de proveer una mejor visualización, no indica relación entre clusters obtenidos por distintos métodos.

En cuanto a la combinación de métodos, se observó que los resultados de k-means son sensibles a la cantidad de componentes principales retenidas. Teniendo en cuenta lo sugerido

por el scree test, se evaluaron los cambios en el estadístico pseudo-F al retener 6, 7, 8, 9 y 10 componentes principales. Los resultados fueron muy similares al considerar componentes rotadas y sin rotar (no se muestra), y se encontró que la cantidad de máximos locales en el estadístico cuando se incluyen hasta 9 componentes fue mucho menor que para uso de k-means aplicado directamente sobre los datos, simplificándose el análisis (Tabla I).

Se decidió usar 9 clusters por ser el número predominante en la Tabla I y retener 8 componentes principales, por ser la máxima cantidad de componentes que pueden ser incluidas sin modificar la cantidad de clusters óptima. Se muestra en la Figura 1d el resultado de aplicar k-means sobre las componentes rotadas. Se observa como la regionalización obtenida con este método es consistente con las anteriores. Muestra además un comportamiento intermedio en las regiones donde no existía coincidencia.

Los resultados obtenidos teniendo en cuenta los períodos húmedos largos y los períodos secos cortos y largos tuvieron un comportamiento similar a los mostrados en los períodos húmedos cortos.

<i>PCs</i>	6	7	8	9	10
<i>Pseudo-F</i>	9	9	9	11	9-11-13

Tabla I: cantidad óptima de clusters sugerida por el estadístico Pseudo-F para distintas cantidades de componentes principales retenidas.

#### 4) CONCLUSIONES

Se realizó una regionalización de períodos húmedos y secos en Argentina durante el período 1980-2017, definidos a partir del índice SPEI. Se utilizaron los métodos de: k-means, ACP en modo S, ACP rotadas a través del método Varimax y una combinación de métodos. A excepción del uso de ACP sin rotar, se obtuvieron para todos los demás casos resultados similares, mostrándose así la robustez de la regionalización. La combinación de componentes principales rotadas y k-means mostró los mejores resultados, logrando un consenso entre las regionalizaciones obtenidas con los demás métodos.

#### REFERENCIAS

- Beguiría, S., Vicente-Serrano, S., Reig, F., Latorre, B., 2014.** Standardized precipitation evapotranspiration index (SPEI) revisited: Parameter fitting, evapotranspiration models, tools, datasets and drought monitoring. *International Journal of Climatology*. 34. 10.1002/joc.3887.
- Bettolli, M.L., Rivera, J.A., Penalba, O.C., 2010.** Regionalización de los días secos en Argentina: Un enfoque metodológico. *Meteorologica*, 35(2), 67-80.
- Chen M., Shi W., Xie P., Silva V.B.S., Kousky V.E., Wayne Higgins R., y Janowiak J.E., 2008.** Assessing objective techniques for gauge-based analyses of global daily precipitation, *J. Geophys. Res.*, 113, D04110.
- Thornthwaite, C.W., 1948.** An approach toward a rational classification of climate. *Geogr. Rev.*, 38, 55-94.
- Vicente-Serrano, S., Beguería, S., López-Moreno, J.I., 2010.** A Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index. *Journal of Climate*. 23. 1696-1718. 10.1175/2009JCLI2909.1.