

ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LAS TIERRAS SECAS EN ARGENTINA DURANTE LAS ÚLTIMAS DÉCADAS (1961–2022)

Pedro Samuel Blanco^{1,2,3}, Moira Evelina Doyle^{1,2,3}
pedro.blanco@cima.fcen.uba.ar

¹Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (DCAO)

²CONICET – Universidad de Buenos Aires. Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA)

³Instituto Franco–Argentino de Estudios sobre el Clima y sus Impactos (IFAECI) – IRL 3351 – CNRS–CONICET–IRD–UBA

Palabras clave: Índice de aridez, Tendencias, Análisis espectral.

1) INTRODUCCIÓN

Las tierras secas se caracterizan por una escasa cobertura vegetal, baja fertilidad del suelo y precipitaciones insuficientes para satisfacer la demanda evaporativa de la atmósfera (Yao et al., 2020). En las últimas décadas, estas tierras se expandieron en un 3,1 % debido a un incremento de la aridez asociado a cambios en la temperatura y las precipitaciones (Chai et al., 2021). En Argentina, las tierras secas cubren más de la mitad del territorio y presentan una alta vulnerabilidad a la desertificación debido a la variabilidad climática y las presiones humanas sobre los ecosistemas (Torres et al., 2014). En este trabajo se pretende analizar la variabilidad temporal de las tierras secas argentinas entre 1961 y 2022, identificando los principales patrones de cambio como tendencias y ciclos de distinta frecuencia.

2) METODOLOGÍA

Se utilizó el Índice de Aridez Anual (IA), definido por el *United Nations Environment Programme* (UNEP), para delimitar las tierras secas según el criterio de la *United Nations Convention to Combat Desertification* ([UNCCD] 1996). El IA se calcula como el cociente entre los valores anuales de precipitación y evapotranspiración potencial, esta última estimada con la temperatura media a través del método de Thornthwaite. Los valores del IA se clasifican en seis categorías o tipos de clima (Middleton and Thomas, 1997): hiperárido (< 0,05), árido (0,05–0,2), semiárido (0,2–0,5), subhúmedo seco (0,5–0,65), subhúmedo húmedo (0,65–1) y húmedo (> 1). Bajo esta clasificación y siguiendo el criterio de la UNCCD (1996), las tierras secas están comprendidas por los climas árido, semiárido y subhúmedo seco, excluyendo las regiones hiperáridas y polares, consideradas como verdaderos desiertos.

El área de estudio abarca la Argentina continental, situada en el extremo sur de Sudamérica, y el período analizado se extiende desde 1961 hasta 2022. Se descargaron datos mensuales de temperatura media y precipitación acumulada de la base Climatic Research Unit v4.06 (CRU, https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/hrg/cru_ts_4.06/). Esta base cuenta con un conjunto de datos climáticos grillados en una resolución espacial de 0,5° latitud × 0,5° longitud, que fue remuestreada mediante interpolación bilineal a 0,16° latitud × 0,16° longitud, con el fin de representar con mayor detalle la distribución de tierras secas en el área de estudio.

Durante el período analizado, se calculó el porcentaje anual del área ocupada por tierras secas y sus tipos de climas asociados (árido, semiárido y subhúmedo seco) con respecto a la superficie total del país (2.791.810 km²). Para analizar la variabilidad a largo plazo, se estimaron tendencias polinómicas de 3° orden a cada serie, evaluando la significancia de los modelos con la prueba de Fisher (95 % de confianza), y se aplicó un filtro de medias móviles de 5 años para suavizar las variaciones interanuales. Luego, se identificaron las periodicidades

de cada serie mediante el análisis espectral con el método Blackman–Tukey y el suavizado de Hamming, obteniendo espectros de potencia que muestran la contribución de distintas frecuencias a la varianza total e incluyen bandas de significancia (5 y 95 %) para determinar los ciclos estadísticamente significativos. Dentro de los espectros, se clasificaron las periodicidades en multidecadales (0.0166–0.05 ciclos por año, 20–60 años), decadales (0.051–0.10 ciclos por año, 10–19 años), multianuales (0.11–0.33 ciclos por año, 3–9 años) e interanuales (más de 0.33 ciclos por año, menos de 3 años). Finalmente, se empleó el análisis wavelet con la función *wt* del paquete *biwavelet* en R para descomponer las series en el espacio tiempo–período y localizar temporalmente los modos de variabilidad (Torrence and Compo 1998).

3) RESULTADOS

La Figura 1 sintetiza el análisis de la variabilidad temporal de las tierras secas de Argentina y sus tipos de climas asociados para el período 1961–2022. En general, las tierras secas argentinas (Figura 1a–c) presentan una leve disminución desde comienzos de la década de 1960 hasta principios de los años 80, seguida por un incremento sostenido hasta la actualidad (95% de confianza). Hasta finales de la década de 1990, la superficie de tierras secas mostró una sucesión de ciclos cuasi–decadales, mientras que desde inicios del siglo XXI se observa una tendencia creciente persistente. Los análisis espectral y wavelet indican una fuerte concentración de energía en ciclos cuasi–decadales (alrededor de 9 años) entre 1970 y principios de 1990, junto con ciclos multianuales (5 años) entre los 2000 y mediados de la década de 2010, además de periodicidades interanuales (2–3 años) en intervalos puntuales, como a principios de las décadas de 1970 y 1990.

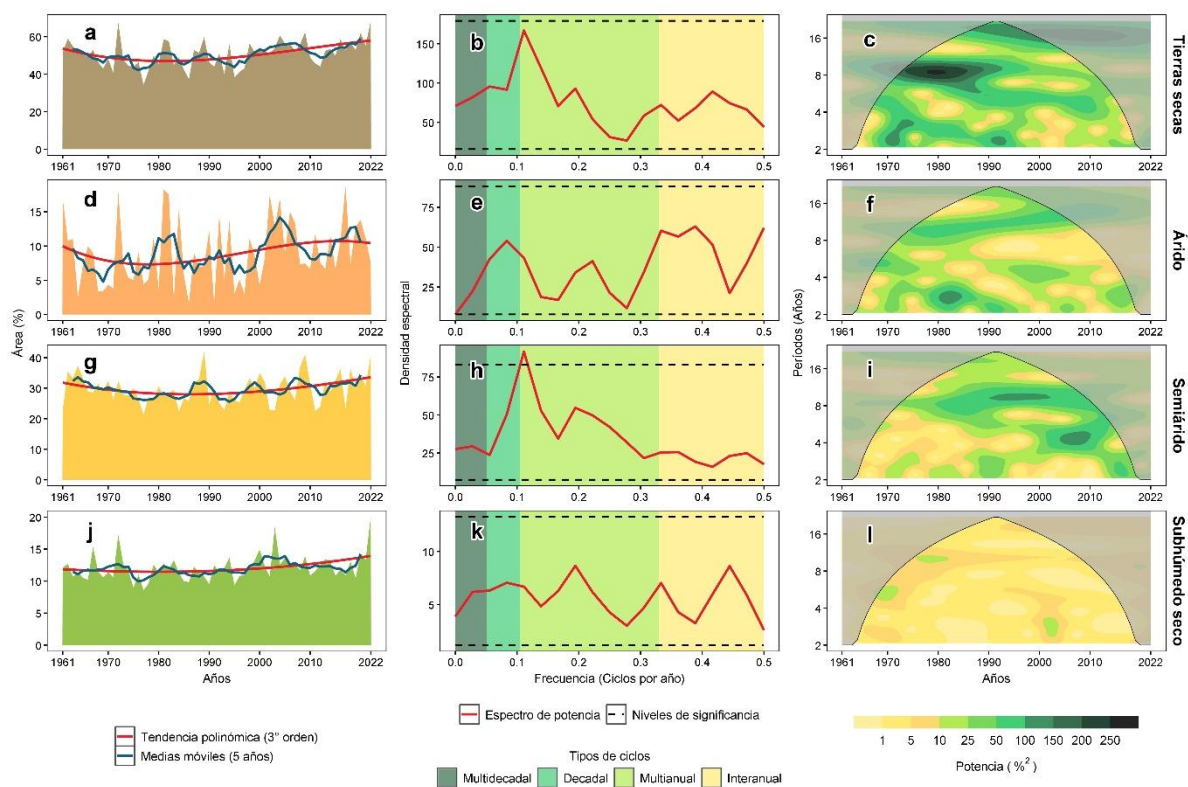


Figura 1. Variabilidad temporal de las tierras secas y sus climas asociados durante el período 1961–2022. Se muestran las series temporales con tendencia polinómica de 3° orden y las medias móviles de 5 años, junto con los espectros de potencia y los espectros de wavelet correspondientes a (a–c) las tierras secas totales y los climas (d–f) árido, (g–i) semiárido y (j–l) subhúmedo seco.

Las tierras áridas (Figura 1d–f) experimentaron una disminución hasta mediados de la década de 1970, seguida por un incremento sostenido hasta 2010 y luego una leve reducción de área en los últimos años. Las periodicidades del clima árido se caracterizan por ciclos interanuales (2–3 años) a inicios de la década de 1980 y multianuales (5 años) en torno al año 2000, aunque también se encuentran picos de menor intensidad de potencia en los ciclos decadales (10 años) desde mediados de los años 70 hasta mediados de la década de los 2000.

La serie de tierras semiáridas (Figura 1g–i) muestra ciertas similitudes con la de las tierras secas totales, aunque con oscilaciones de largo plazo menos marcadas. En este tipo de clima se detectan ciclos cuasi–decadales (alrededor de 9 años) desde comienzos de la década de 1980 hasta aproximadamente 2010, además de fluctuaciones multianuales (5 años) e interanuales (2–3 años) que coinciden temporalmente con las observadas en las tierras secas totales. El clima semiárido constituye la región núcleo de las tierras secas en Argentina, dado que representa aproximadamente el 60 % de su superficie total y se caracteriza por una mayor estabilidad climática y tiempos de respuesta más largos.

Con respecto a las tierras subhúmedas secas (Figura 1j–l), se observan variaciones de largo plazo similares a las de las tierras secas totales y las semiáridas, aunque con una variabilidad menos pronunciada. Se identifican ciclos de distintas frecuencias, entre ellos casi–decadales (alrededor de 9 años) entre mediados de los años 70 y fines de los 80, multianuales (5–6 años) a comienzos de los 70, e interanuales (2–3 años) tanto en ese mismo período como a inicios de los 2000. Al encontrarse en los márgenes de las tierras secas, las tierras subhúmedas secas responden con mayor rapidez a los cambios debido a su interacción más directa con las dinámicas de los climas semiárido y húmedos (subhúmedo húmedo y húmedo).

4) CONCLUSIÓN

Las tierras secas de Argentina y sus tipos de climas asociados presentan distintos patrones de variabilidad temporal, con tendencias no lineales significativas y oscilaciones de diversas frecuencias (cuasi–decadales, multianuales e interanuales). El clima semiárido se destaca como el componente central del sistema, ya que sus cambios a largo plazo se corresponden con los de las tierras secas totales. En cambio, los climas árido y subhúmedo seco contribuyen principalmente a las variaciones de corto plazo, con mayor presencia de ciclos interanuales y multianuales. Estos resultados muestran que la evolución de las tierras secas está asociada a la dinámica combinada de los distintos tipos de clima, y sugieren la posible influencia de forzantes comunes que modulan su comportamiento a lo largo del tiempo.

REFERENCIAS

- Chai, R., Mao, J., Chen, H., Wang, Y., Shi, X., Jin, M., ... y Wullschleger, S. D., 2021:** Human–caused long–term changes in global aridity. *Nat. Partner J. Clim. Atmos. Sci.*, 4, 65.
- Middleton, N., y Thomas, D., 1997:** *World Atlas of Desertification*, United Nations Environment Programme (UNEP).
- Torrence, C., y Compo, G.P., 1998:** A Practical Guide to Wavelet Analysis. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 79, 61–78.
- Torres, L.M., Abraham, E., y Pastor, G., 2014:** Ventanas sobre el territorio: Herramientas teóricas para comprender las tierras secas, EDIUNC.
- United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD), 1996:** United Nations Convention to Combat Desertification in those countries experiencing serious drought and/or desertification, particularly in Africa, United Nations (UN).
- Yao, J., Liu, H., Huang, J., Gao, Z., Wang, G., Li, D., ... y Chen, X., 2020:** Accelerated dryland expansion regulates future variability in dryland gross primary production. *Nat. Commun.*, 11, 1–10.