

TENDENCIAS OBSERVADAS DE LA ARIDEZ EN LOS SITIOS PILOTOS DE MONITOREO DE DESERTIFICACIÓN EN ARGENTINA

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: Aridificación, Precipitación, Índice de aridez.

1) INTRODUCCIÓN

La aridez se define como la escasez persistente de agua, donde la precipitación es insuficiente para satisfacer la demanda evaporativa atmosférica (Middleton and Thomas, 1997). El aumento de la aridez, denominado “aridificación”, fue reportado en diversas regiones, tal como en Europa occidental, Asia central, Norteamérica y la Patagonia (Ullah et al., 2022), lo que ha sido un desafío crítico para los ecosistemas y sociedades debido a la creciente presión sobre los recursos hídricos (Grünig et al., 2023). La aridificación, sumada a las prácticas humanas insostenibles, intensifica la degradación sistemática de los suelos y acelera la desertificación. La ocurrencia simultánea de desertificación y aridificación genera serios problemas como la inseguridad alimentaria, pobreza, migraciones, pérdida de cultivos, etc. (Hoffmann, 2022). En Argentina, los esfuerzos para combatir el avance de la desertificación están articulados por el Observatorio Nacional de Degradación de Tierras y Desertificación (ONDTyD). Esta red de organismos proporciona información sobre las tendencias y riesgos de desertificación para asesorar a tomadores de decisiones y concientizar a la población (Therburg et al., 2019). El ONDTyD opera mediante sitios piloto (SP), donde se reúnen equipos de trabajo presentes en el territorio y actores de la comunidad local para generar conocimientos sobre la degradación de las tierras e identificar problemas vinculados con los aspectos biofísicos y socioeconómicos de la desertificación (Therburg et al., 2019). Uno de los aspectos biofísicos clave que acelera la desertificación es la aridez, pero el conocimiento sobre su evolución en los SP sigue siendo limitado. En este trabajo, se analizan las tendencias de aridez y sus variables climáticas asociadas (precipitación y evapotranspiración) en los SP durante el período 1961-2022.

2) DATOS Y MÉTODOS

Se utilizaron datos mensuales de temperatura media y precipitación para la Argentina continental, correspondientes al período 1961-2022, de la base de datos Climatic Research Unit v4.06 (CRU). Dado que esta base de datos ofrece una retícula de resolución espacial limitada ($0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$), se aplicó una interpolación bilineal para remuestrear la información a una resolución más alta ($0.16^{\circ} \times 0.16^{\circ}$), permitiendo una representación más detallada y precisa de las variaciones climáticas regionales en el área de estudio.

Se calculó el Índice de Aridez Anual (IA), propuesto por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP, por sus siglas en inglés). Este índice se define como el cociente entre la precipitación anual y la evapotranspiración potencial anual, siendo esta última estimada a partir de la temperatura media mediante el método de Thornthwaite. El IA es una medida adimensional, cuyo valor disminuye a medida que aumentan las condiciones de aridez. Según determinados rangos establecidos por la UNEP (Middleton and Thomas, 1997), el IA se

clasifica en seis categorías climáticas: 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).

Se elaboró un campo medio del IA (período 1961-2022) para el área de estudio y se identificaron las regiones correspondientes a cada categoría climática definida para este índice. A continuación, se seleccionaron los puntos de grilla más cercanos a la ubicación geográfica de los 24 SP (Figura 1, Panel A) y se generaron series temporales anuales del IA y sus variables climáticas asociadas (precipitación y evapotranspiración potencial). Sobre estas series, se aplicó el test de Mann-Kendall (nivel de confianza del 95%) para detectar la presencia de componentes determinísticas. Finalmente, se estimaron tendencias mediante regresión lineal simple y regresión polinómica de tercer orden, evaluando la significancia de las pendientes con el test de Student y el ajuste de los modelos con el test de Fisher (nivel de confianza del 95%).

3) RESULTADOS

El test de Mann-Kendall reveló la presencia de componente determinística en las series del IA de siete SP: Almirante Brown, Cuenca del Morro, Ingeniero Jacobacci, Carrenleufú, Ecotono Fueguino, Colonia Cushamen y Puerto Patriada. Entre ellos, los cinco últimos también presentaron componente determinística en las series de precipitación. En el caso de la evapotranspiración potencial, se detectó esta característica en 22 de los 24 SP analizados.

En Argentina, los climas árido y semiárido se extienden desde el noroeste andino hasta el sur de la Patagonia (Figura 1, Panel A). El clima semiárido conforma una región continua, mientras que el clima árido aparece de forma fragmentada en sectores de la Patagonia y en la porción occidental del país, aproximadamente a los 30°S . Los climas subhúmedo (seco y húmedo) se concentran mayormente en el centro del territorio nacional, desde la costa atlántica (alrededor de 40°S y 63°O) hacia el centro-norte y noroeste, y también en una estrecha franja sobre el flanco oriental de los Andes, al sur de los 30°S . El clima húmedo predomina en el sector oriental del país, especialmente en la Llanura Chaco-Pampeana, y además se extiende en una franja delgada de los Andes Centrales y Patagónicos, también al sur de los 30°S . De acuerdo con esta clasificación, seis SP se localizan en zonas semiáridas, once en regiones subhúmedas (cinco en subhúmedo seco y seis en subhúmedo húmedo), y siete en áreas de clima húmedo.

Todos los SP presentaron una tendencia lineal negativa del IA, lo que indica un incremento promedio y sostenido de la aridez durante el período analizado. Esta disminución fue estadísticamente significativa (95% de confianza) y resultó más pronunciada en nueve SP (Figura 1, Panel B), destacándose a Carrenleufú y Puerto Patriada con las reducciones más marcadas (0,056 y 0,063 por década, respectivamente). En cuanto a las tendencias no lineales, se identifican patrones de evolución similares entre distintos SP. Por un lado, algunos SP (Ingeniero Jacobacci, Almirante Brown, Arroyo Santa Rita, Cuenca del Morro y Portal de los Andes) exhiben un aumento del índice hasta mediados o fines de la década de 1980, seguido por una disminución progresiva hasta la actualidad. Por otro lado, otros SP (Carrenleufú, Colonia Cushamen, Ecotono Fueguino y Puerto Patriada) experimentan una leve disminución hasta fines de la década de 1970 o comienzos de los '80, luego un leve aumento hasta principios o mediados de los 2000, y finalmente una nueva disminución hacia el presente.

La distribución de las tendencias de precipitación y evapotranspiración potencial para los SP (Figura 1, Panel C) muestra un patrón generalizado de reducción en la precipitación y aumento en la evapotranspiración. Las tendencias negativas más pronunciadas de la precipitación se registran en 13 SP, con disminuciones superiores a 8 mm/década, destacándose a Puerto Patriada (31,1 mm/década) y Carrenleufú 27,1 (mm/década). La mayoría de los SP presentan tendencias positivas leves a moderadas (entre 1 y 8 mm/década) de la evapotranspiración, mientras que los incrementos más significativos se observan en Arroyo Garupá (8,6 mm/década), Chaco Semiárido (13 mm/década) y Almirante Brown (13 mm/década).

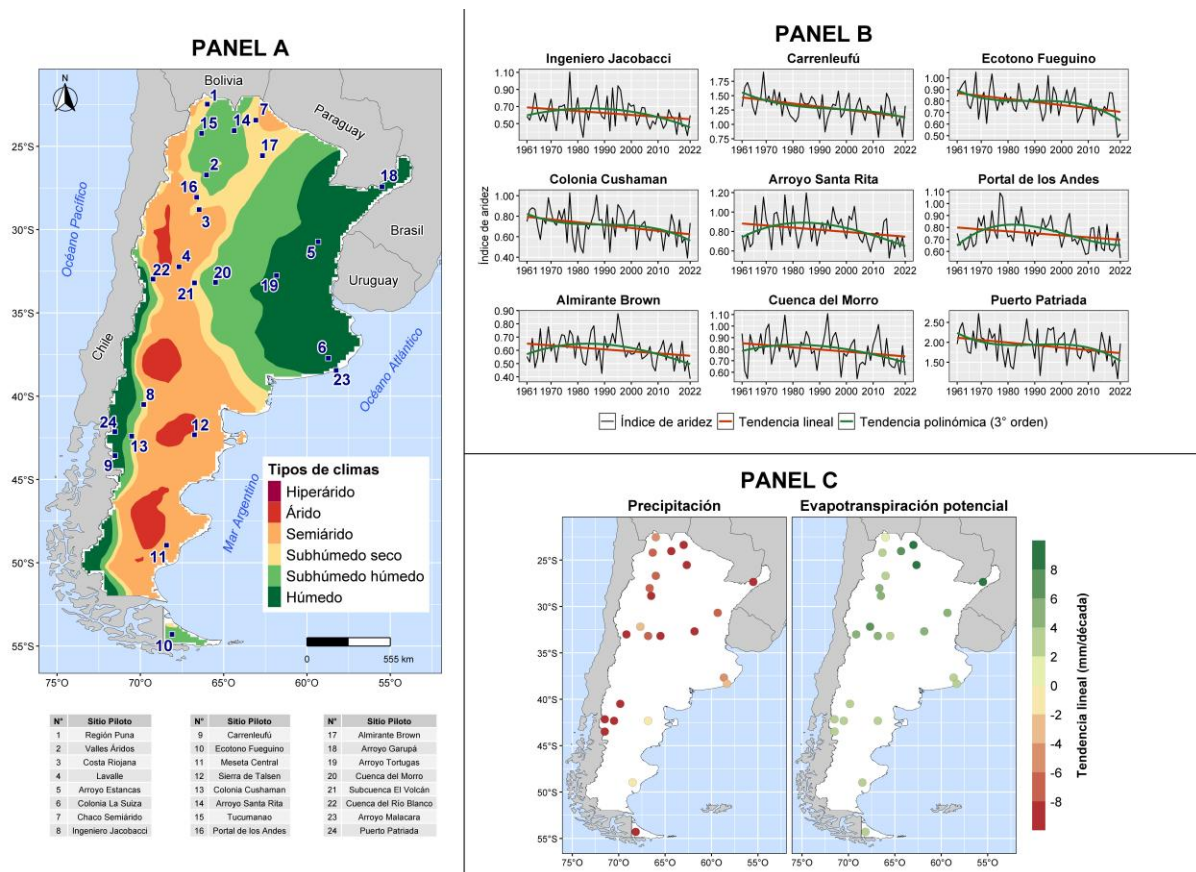


Figura 1. Panel A. Ubicación geográfica de los SP (puntos azules) y distribución de las categorías climáticas definidas para el índice de aridez de la UNEP, promediado para el período 1961–2022 (sombreado). **Panel B.** Series temporales del índice de aridez para los SP con tendencia lineal estadísticamente significativa (nivel de confianza del 95%). Se incluye las tendencias lineal y polinómica de 3° orden. **Panel C.** Distribución de las tendencias de la precipitación y evapotranspiración potencial para los SP.

4) CONCLUSIÓN

Los SP de monitoreo de desertificación de Argentina muestran un aumento progresivo de la aridez, impulsado principalmente por la disminución de la precipitación y, en menor medida, por el incremento de la demanda evaporativa atmosférica. En sitios como Carrenleufú y Puerto Patriada, estos cambios han sido especialmente marcados, consolidando a la aridez como un factor biofísico clave en el avance de la desertificación. Este proceso resalta la utilidad de los SP como herramienta de seguimiento de la aridificación y desertificación en el país.

REFERENCIAS

- Grünig, M., Seidl, R., y Senf, C., 2023:** Increasing aridity causes larger and more severe forest fires across Europe, *Global Change Biology*, 29, 6, 1648-1659.
- Hoffmann, R., 2022:** Contextualizing climate change impacts on human mobility in African drylands. *Earth's Future*, 10, 6, e2021EF002591.
- Middleton, N., y Thomas, D., 1997:** *World Atlas of Desertification*, United Nations Environment Programme (UNEP).
- Therburg, A., Corso, M., Stamati, M., Bottero, C., Lizana, P., y Pietragalla, V., 2019:** Síntesis de resultados de la evaluación de la degradación de tierras: 2012-2017, IADIZA.
- Ullah, S., You, Q., Sachindra, D. A., Nowosad, M., Ullah, W., Bhatti, A. S., ... y Ali, A., 2022:** Spatiotemporal changes in global aridity in terms of multiple aridity indices: An assessment based on the CRU data. *Atmos. Res.*, 268, 105998.