

TENDENCIAS DE LA ARIDEZ EN LAS REGIONES ARIDIFICADAS DE LA REPÚBLICA ARGENTINA DURANTE EL PERÍODO 1961-2018

Pedro Samuel Blanco¹, Moira Evelina Doyle^{1,2}

pedro.blanco@cima.fcen.uba.ar

¹Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA/CONICET-UBA)

²Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (DCAO/FCEN-UBA)

Palabras clave: UNEP – Semiárido – Amenaza.

1) INTRODUCCIÓN

La aridificación es un cambio progresivo del clima orientado hacia un estado más árido, en el que las precipitaciones disminuyen respecto a la demanda evaporativa durante un largo período de tiempo (Park y otros, 2018). Este proceso implica un déficit hídrico persistente en el ambiente, el cual produce alteraciones en los ecosistemas y las actividades productivas de la población (Lian y otros, 2021). Si se combina con prácticas humanas inadecuadas sobre los suelos (contaminación, sobrepastoreo, agricultura no sostenible, etc.), la aridificación podría ser una amenaza en el futuro para el medio natural y la sociedad, ya que las condiciones más áridas favorecerían el desarrollo de sequías, la propagación de incendios, la reducción de disponibilidad de agua, la desertificación de tierras productivas, etc. (Greve y otros, 2019). En las últimas décadas, algunas regiones del planeta se han vuelto más áridas, tales como el Mediterráneo, América Central, Sudáfrica, la Patagonia, entre otras, y se proyecta a futuro que esto siga ocurriendo en el contexto del cambio climático (IPCC, 2021). En el presente trabajo se pretende, por un lado, identificar las áreas aridificadas o con un incremento de aridez en Argentina y, por otro lado, analizar las tendencias de la aridez en dichas áreas durante el período 1961-2018.

2) METODOLOGÍA

La aridez de un espacio puede cuantificarse mediante los índices climáticos de aridez, que expresan el grado de déficit o exceso de agua en el ambiente. Entre los diversos índices con los que se cuenta en la actualidad, se encuentra el de la UNEP (*United Nations Environment Programme*) que relaciona la precipitación y la demanda evaporativa según la Ecuación 1:

$$IA = \frac{P}{ETP} \quad (1)$$

Donde P es la precipitación anual (mm) y ETP es la evapotranspiración potencial (mm). Con respecto a la última variable, como sus datos son poco asequibles por su difícil medición en estaciones meteorológicas, algunos autores proponen distintos métodos indirectos para estimarla con la temperatura (ej. Thornthwaite, Holdridge, Hargreaves). Para ello, se utilizaron datos anuales de temperatura y precipitación del período 1961-2018 para el territorio continental americano de la Argentina, los cuales se extrajeron de la base CRU TS v4.03 en un grillado de 0.16° latitud x 0.16° longitud. Posteriormente, el índice de aridez de la UNEP se calculó considerando los valores de ETP dados por los métodos de Thornthwaite (IA_{Thor}), Holdridge (IA_{Hold}) y Hargreaves (IA_{Harg}). A partir de los índices se elaboraron campos medios de aridez en Argentina para los subperíodos 1961-1990 y 1991-2018 (no se muestran), teniendo en cuenta la categorización realizada por la UNEP (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), Húmedo (> 1).

De acuerdo con el concepto de aridificación, un espacio se ha vuelto más árido si se registró una disminución promedio del IA logrando cambiar a una menor categoría (ej., de subhúmedo seco a semiárido, de semiárido a árido, etc.). Bajo tal criterio se realizó un mapa de cambios entre categorías para cada IA, pudiendo identificarse aquellos sectores que permutaron hacia una categoría más baja (áreas aridificadas). Luego, con las series anuales de IA se detectaron las tendencias a partir del método de regresión lineal simple, cuya significancia fue testeada al 5% a través de la prueba t-Student, tanto para todas las regiones aridificadas de Argentina como para dos sectores del país divididos por el paralelo 33°S, uno hacia el norte (sector norte) y otro hacia el sur (sector sur) de dicha latitud.

3) RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En Argentina se detectaron áreas con un incremento promedio de la aridez durante el período 1961-2018. Los tres índices muestran regiones con cambios hacia menores categorías en el oeste al límite con Chile (entre 25°-33°S, 35°-39°S y 42°-50°S). Sin embargo, en los campos de IA_{Thor} e IA_{Hold} se observan sectores aridificados en el centro-este del país (Figuras 1a y 1b), que no son representados por el IA_{Harg} (Figura 1c). Este último índice exhibe un aumento de aridez en la costa atlántica patagónica entre los 46°-50°S que no es modelado por los otros casos. Si se tiene en cuenta que el territorio continental americano de Argentina es de 2776581 km², el porcentaje de superficie del país que se ha vuelto más árido varía entre 2.2-2.5% dependiendo del índice (IA_{Thor} con 2.2%, IA_{Hold} con 2.5%, IA_{Harg} con 2.5%). Aunque dicha proporción es pequeña, no es una cifra menor si se la expresa en términos absolutos porque quiere decir que alrededor de 61-70 mil km² sufrieron aridificación entre 1961 y 2018.

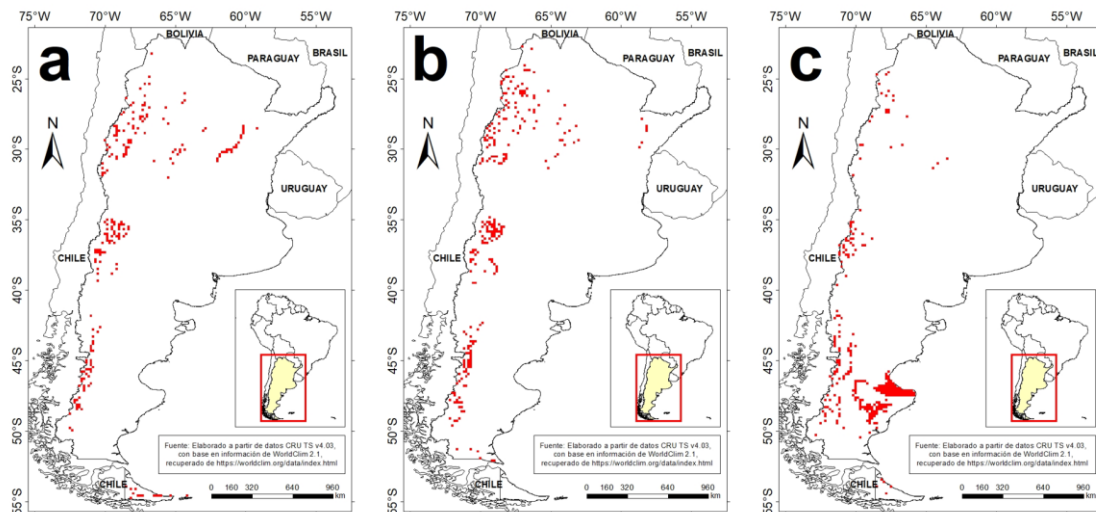


Figura 1: Áreas aridificadas de la Argentina según los IA_{Thor} (a), IA_{Hold} (b) e IA_{Harg} (c).

En el total de áreas aridificadas del país, las tendencias para los tres índices presentan una disminución significativa (Figuras 2a, 2b y 2c), aunque con distintas magnitudes: el IA_{Hold} estima un decrecimiento más acentuado con 0.022/década que los IA_{Harg} e IA_{Thor} con 0.010-0.014/década. Si se analizan los IA para cada sector, al norte de los 33°S se observan tendencias negativas no significativas con escasos valores (entre 0.002 y 0.005/década), exceptuando al IA_{Harg} con 0.016/década (Figuras 2d, 2e y 2f), el cual es comparable con las tendencias negativas significativas que se registran en las áreas al sur de los 33°S, cuyas cifras varían entre 0.011-0.026/década (Figuras 2g, 2h y 2i). Esta situación señala que el incremento de aridez en las regiones aridificadas al sur de los 33°S puede estar asociado a algún mecanismo físico, ya que hay evidencia suficiente con un nivel de confianza del 95% para decir que dichas tendencias no se deban al azar.

Tanto para el total de áreas aridificadas como para los sectores estudiados, el IA_{Harg} muestra guarismos más bajos durante el período completo respecto a los IA_{Hold} e IA_{Thor} . Si bien todos los casos experimentan tendencias negativas, éstas cambian de categoría en algunos y permanecen dentro de la misma categoría en otros. En primer lugar, el IA_{Thor} exhibe variaciones dentro de lo subhúmedo seco, con algunas excepciones por encima o por debajo de los umbrales (subhúmedo húmedo y semiárido, respectivamente), así como la tendencia para el sector norte es de subhúmedo seco a semiárido y para el sector sur es de subhúmedo húmedo a subhúmedo seco (Figuras 2a, 2d y 2g). En segundo lugar, el IA_{Hold} tiene un comportamiento similar al IA_{Thor} para el total y las regiones, aunque la tendencia del sector norte cambia de categoría en el año 2000 y la del sector sur en la década de 1980 (Figuras 2b, 2e y 2h), mientras que lo mismo ocurre en el IA_{Thor} en 1967 y 2011, respectivamente. En tercer lugar, el IA_{Harg} computa cifras que fluctúan dentro de lo semiárido durante el período completo para todas las áreas aridificadas del país, pero esto cambia regionalmente porque la tendencia en la norte pasa de semiárido a árido y la del sur se mantiene dentro del rango semiárido (Figuras 2c, 2f y 2i).

En síntesis, en la Argentina hay áreas que experimentaron un incremento de aridez entre 1961 y 2018, es decir, regiones que sufrieron un proceso de aridificación. Al comparar los índices empleados, se

observó que las áreas aridificadas al sur de los 33°S tuvieron tendencias negativas significativas, lo que estaría indicando una mayor aridez causada por algún proceso físico y, también, una posible amenaza a futuro para los sistemas naturales y humanos del lugar.

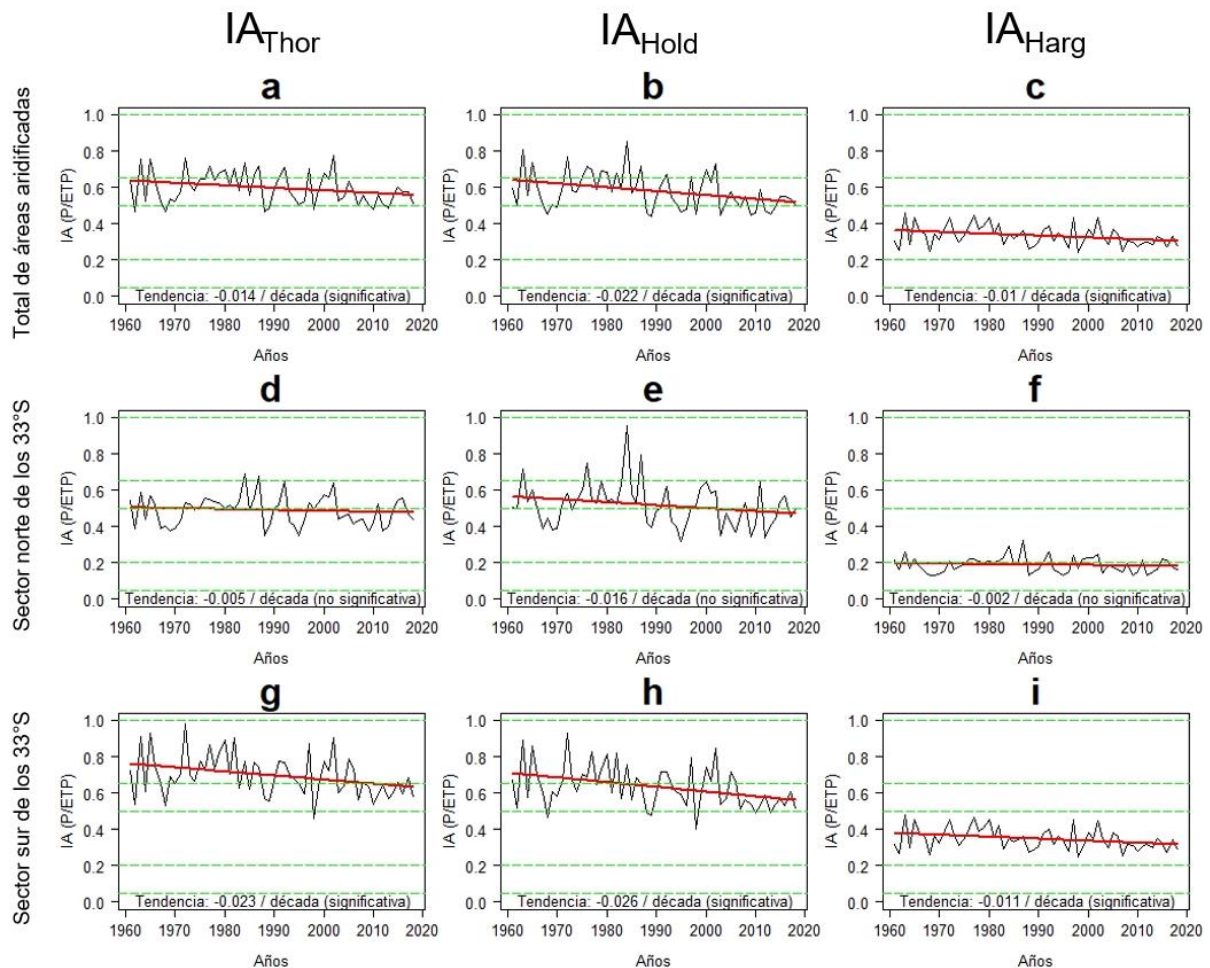


Figura 2: Series temporales del IA según los distintos autores, para el total de áreas aridificadas del país (a-b-c) y para los sectores al norte (d-e-f) y sur de los 33°S (g-h-i). Se indica la tendencia lineal (línea continua roja) y los límites de las categorías de la UNEP (líneas discontinuas verdes).

REFERENCIAS

Greve, P., Roderick, M. L., Ukkola, A. M., y Wada, Y., 2019: The aridity index under global warming. *Environmental Research Letters*, 14, 12, 124006.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (Eds.)]. IPCC, Cambridge University Press. In Press.

Lian, X., Piao, S., Chen, A., Huntingford, C., Fu, B., Li, L. Z., ... y Roderick, M. L., 2021: Multifaceted characteristics of dryland aridity changes in a warming world. *Nat. Rev. Earth & Environment*, 2, 4, 232-250.

Park, C. E., Jeong, S. J., Joshi, M., Osborn, T. J., Ho, C. H., Piao, S., ... y Feng, S., 2018: Keeping global warming within 1.5 C constrains emergence of aridification. *Nat. Climate Change*, 8, 1, 70-74.

UNEP – United Nations Environment Programme, 1997: World Atlas of Desertification, 2° ed., Middleton, N. y Thomas, D. (Eds.).