

# COMPARACIÓN DE CAMPOS MEDIOS DE ARIDEZ EN ARGENTINA SEGÚN DISTINTOS ÍNDICES CLIMÁTICOS (1991-2018)

Pedro Samuel Blanco<sup>1</sup>, Moira Evelina Doyle<sup>1,2</sup>  
[pedro.blanco@cima.fcen.uba.ar](mailto:pedro.blanco@cima.fcen.uba.ar)

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

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

**Palabras clave:** Aridificación – Categorías – Patrones espaciales.

## 1) INTRODUCCIÓN

La aridez es una condición climática caracterizada por la escasez natural y persistente de agua en el ambiente (Alonso and García, 2009), y una forma de estimarla es a través de los índices climáticos, que expresan el grado de exceso o déficit hídrico en el medio. Actualmente, se dispone de variados índices propuestos por distintos autores u organismos según fines específicos (Stadler, 2008). En efecto, dada la naturaleza de la aridez y de las variables climáticas que la determinan (temperatura, evapotranspiración y precipitación), es complejo cuantificar en una sola ecuación a cada elemento por sus desiguales comportamientos (Nicholson, 2011). En tal sentido, como los índices tienen diferentes métodos de cálculo, es probable que los campos medios muestren discrepancias en los patrones espaciales de la aridez para un mismo espacio. Por ello, en este trabajo se comparan campos medios de aridez (1991-2018) para la Argentina según tres índices climáticos. El estudio de la aridez en nuestro país es importante porque poco más de la mitad del territorio está ocupado por climas áridos y semiáridos (Abraham y otros, 2014), y se proyecta a futuro que la Cordillera de los Andes y la Patagonia sufran aridificación (cambio del clima hacia un estado más árido) como consecuencia del aumento de temperatura y la disminución de precipitaciones (IPCC, 2021), siendo la creciente aridez una amenaza para los sistemas naturales y humanos de Argentina.

## 2) METODOLOGÍA

En la investigación se utilizaron datos mensuales de temperatura y precipitación del período 1991-2018, extraídos de la base CRU TS v4.03 en un grillado de alta resolución (0.16° latitud x 0.16° longitud) para el sector continental americano de Argentina. Luego, se computaron los valores anuales de las variables para cada año y, con ellos, se calcularon distintos índices de aridez. Inicialmente, se empleó el índice de aridez de De Martonne (IM) con la Ecuación 1:

$$IM = \frac{P}{T+10} \quad (1)$$

Donde P es la precipitación anual (mm) y T es la temperatura media anual (°C). El IM es muy utilizado a nivel mundial por su facilidad en cálculo, ya que sólo necesita de valores medios. Sin embargo, como la aridez es sensible a la variabilidad de la temperatura, se usó el índice de aridez de Emberger (IE) que incorpora el efecto de la amplitud térmica anual, según la Ecuación 2:

$$IE = \frac{100 \cdot P}{(M)^2 - (m)^2} \quad (2)$$

Donde P es la precipitación anual (mm), M es la temperatura máxima media del mes más cálido (°C) y m es la temperatura mínima media del mes más frío (°C). Para el Hemisferio Sur, el mes más cálido corresponde a enero y el más frío a julio, por lo que la diferencia de temperatura entre ambos expresa su rango de variación anual. No obstante, como el déficit hídrico relaciona la precipitación y la demanda evaporativa, la UNEP (*United Nations Environment Programme*) propuso un índice de aridez (IA) que asocia tales variables según la Ecuación 3:

$$IA = \frac{P}{ETP} \quad (3)$$

Donde P es la precipitación anual (mm) y ETP es la evapotranspiración potencial (mm). Esta última variable puede estimarse a través de métodos indirectos, por lo que en el trabajo se recurrió a los de Thornthwaite (IA<sub>Thor</sub>), Holdridge (IA<sub>Hold</sub>) y Hargreaves (IA<sub>Harg</sub>).

Tal y como se muestra en la Tabla I (sección “Clasificación original”), los índices tienen distintas categorías que, si bien permiten determinar el grado de aridez de un espacio, no son comparables entre sí. Por ello, a los fines comparativos y considerando la naturaleza de cada categoría, se tuvieron en cuenta las combinaciones que se indican en la Tabla I (sección “Clasificación modificada”) para obtener cuatro categorías en los tres índices.

	IM		IE		IA	
	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría
Clasificación original	0-5	Árido extremo	0-30	Árido	< 0.05	Hiperárido
	5-15	Árido	30-50	Semiárido	0.05-0.2	Árido
	15-20	Semiárido	50-90	Subhúmedo	0.2-0.5	Semiárido
	20-30	Subhúmedo	> 90	Húmedo	0.5-0.65	Subhúmedo seco
	30-60	Húmedo			0.65-1	Subhúmedo húmedo
	> 60	Perhúmedo			> 1	Húmedo
Clasificación modificada	0-15	Árido extremo + Árido	0-30	Árido	< 0.2	Hiperárido + Árido
	15-20	Semiárido	30-50	Semiárido	0.2-0.5	Semiárido
	20-30	Subhúmedo	50-90	Subhúmedo	0.5-1	Subhúmedo seco + Subhúmedo húmedo
	> 30	Húmedo + Perhúmedo	> 90	Húmedo	> 1	Húmedo

Tabla I: Categorización de los índices de aridez. Se indica el rango de cada categoría y su denominación, para las clasificaciones original y modificada de los índices.

### 3) RESULTADOS

A partir de las categorías modificadas de los índices se elaboraron campos medios de aridez para la Argentina con base en el promedio del período 1991-2018 (Figura 1a). Asimismo, para cada índice se computó el porcentaje de superficie que ocupa cada categoría respecto al total del país (Figura 1b).

Los  $IA_{Thor}$  y  $IA_{Hold}$  representan dos pequeños sectores áridos (3-4%), uno en el noroeste y otro a los 69°O entre los 39°-40°S, mientras que los demás índices muestran una extensa región árida continua desde el noroeste hasta la Patagonia (31-41%). También, en el oeste del territorio nacional hacia el norte de los 35°S, para los IE e  $IA_{Hold}$  no se observa un claro patrón de aridez, probablemente por la topografía compleja de la Cordillera de los Andes.

Alrededor de las regiones áridas se encuentran condiciones semiáridas que en los  $IA_{Thor}$  e  $IA_{Hold}$  se extienden desde el noroeste hasta la Patagonia (40-43%), con excepción del centro-norte (61°-65°O) donde el  $IA_{Hold}$  exhibe una prolongación de la categoría y el  $IA_{Thor}$  señala subhúmedo para el mismo sector. En los IM, IE e  $IA_{Harg}$  se advierten dos áreas semiáridas dispuestas meridionalmente que rodean a la región árida (11-33%), una hacia el oeste desde los 30°-35°S hasta la Patagonia y otra en el centro desde el sureste de Buenos Aires hasta el norte (ésta es más amplia en el  $IA_{Harg}$  que los otros dos casos). En cuanto a lo subhúmedo, los IM, IE e  $IA_{Thor}$  tienen patrones espaciales similar en el centro del dominio como una franja que va del centro-norte al sureste de Buenos Aires, a comparación de los  $IA_{Hold}$  y  $IA_{Harg}$  donde ocupa gran parte del este del país. En la Cordillera Principal y Andes Patagónico-Fueguinos, todos los índices presentan una escasa superficie subhúmeda ubicada inmediatamente después de lo semiárido. Particularmente, en los IM,  $IA_{Hold}$  e  $IA_{Harg}$  hay un pequeño espacio subhúmedo localizado al norte entre los 64°-65°O (Sierras Subandinas), que no logra modelarse en los campos de IE e  $IA_{Thor}$ .

Respecto a la categoría húmeda, los IE, IM e  $IA_{Thor}$  estiman una distribución hacia el este de Argentina a partir de los 60°O, a diferencia del  $IA_{Hold}$  que indica un área de menor cobertura también hacia el este y del  $IA_{Harg}$  con un sector reducido en el extremo noroeste (Misiones y noreste de Corrientes). En todos los mapas se distingue una región húmeda en la Cordillera Principal y Andes Patagónico-Fueguinos, aunque para los IM e  $IA_{Thor}$  va desde los 32°-33°S hacia el sur, para IE e  $IA_{Hold}$  a partir de los 35°S y para el  $IA_{Harg}$  desde los 40°S. En tal sentido, el porcentaje de superficie para los índices varía para dicha categoría (IA e IE con 31-32%,  $IA_{Hold}$  e  $IA_{Thor}$  con 19-26% e  $IA_{Harg}$  con 5% del territorio).

Por último, al comparar la proporción de área del país por categoría para cada índice, se observa que los IE e  $IA_{Harg}$  tienen una repartición bastante uniforme, el primero entre las cuatro clases (~22-32%

cada caso) y el segundo entre lo árido-semiárido-subhúmedo (~30-31% cada caso). Por su parte, el IM concentra la mayor parte de superficie (> 70%) en las categorías extremas (árido y húmedo), mientras que para los IA<sub>Thor</sub> e IA<sub>Hold</sub> es en las categorías intermedias (semiárido y subhúmedo).

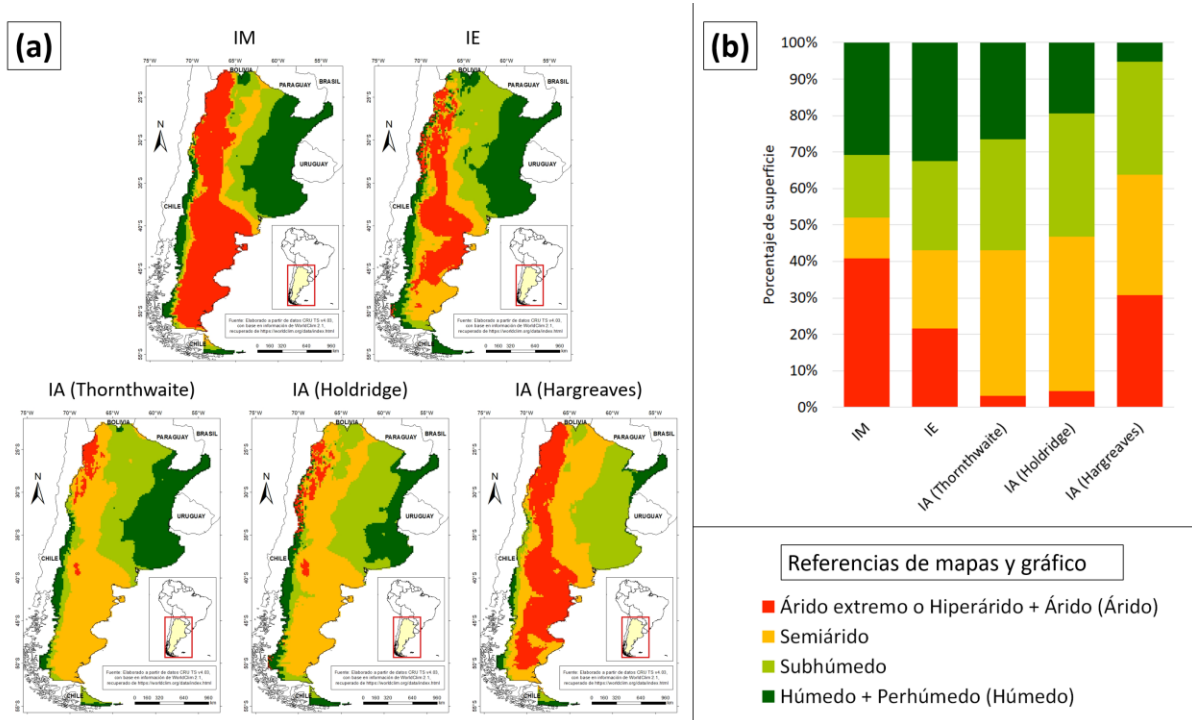


Figura 1: (a) Campos medios de aridez en Argentina para el período 1991-2018 distinguidos por índice climático y (b) porcentaje de superficie del país ocupada por cada categoría.

#### 4) CONCLUSIONES

En la investigación se compararon los campos medios de aridez en Argentina, elaborados a partir de distintos índices climáticos. En general, la distribución espacial de las categorías de aridez y la proporción de superficie del país para cada una de ellas según los índices empleados presentaron similitudes y diferencias como, por ejemplo, los pequeños sectores áridos en los IA<sub>Thor</sub> e IA<sub>Hold</sub> en contraste con las amplias regiones áridas de los IE, IM e IA<sub>Harg</sub>. Tales aspectos son importantes para el estudio de la aridificación porque, al momento de detectar las áreas con incremento de aridez, se deben considerar las particularidades metodológicas del índice que se utiliza para representar la aridez.

#### REFERENCIAS

**Abraham, E., Rubio, C., Salomón, M. y Soria, D., 2014:** Desertificación: problema ambiental complejo de las tierras secas. En L. M. Torres, E. Abraham, y G. Pastor (Eds.), Ventanas sobre el territorio: Herramientas teóricas para comprender las tierras secas, EDIUNC.

**Alonso, J. A., y García, J. A., 2009:** Precipitaciones, aridez, sequía y desertificación de la Comarca del Campo de Cartagena, Lurralde. Inves. Espac., 32, 119-154.

**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.

**Nicholson, S. E., 2011:** Drylands climatology, Cambridge University Press.

**Stadler, S. J., 2008:** Aridity indexes. En J. E. Oliver (Ed.), Encyclopedia of world climatology, Springer Science & Business Media.