

Evolución del índice de aridez (1901-2011) en zonas de dehesa del suroeste de la Península Ibérica

Leoncio García Barrón¹ y Arturo Sousa²

¹Depto. de Física Aplicada II y ²Depto. de Biología Vegetal y Ecología, Universidad de Sevilla. Avda de Reina Mercedes s/n, 41012 Sevilla. <leoncio@us.es>

(Recibido: 09-Feb-2019. Publicado: 15-Jul-2019)

Resumen

El suroeste de la Península Ibérica es una zona sometida a riesgos de aridificación, provocados por el cambio climático. Hemos analizado el comportamiento del Índice de Aridez (1901-2011) en esta zona durante el último siglo a partir de la base de datos Global Climate Monitor. En este ámbito climático, el área estudiada está ocupada principalmente por el ecosistema agro-forestal de dehesa con dedicación preferente a ganadería extensiva. El resultado más destacable es que la evolución del índice de aridez se caracteriza por la irregularidad interanual con una alta variabilidad y disparidad. Si se proyectan los resultados de este estudio hacia el futuro se puede obtener una referencia del comportamiento general previsible durante el siglo XXI. Consideramos que esta característica será determinante durante este siglo, por lo que sus efectos ambientales deben tenerse en cuenta en los futuros planes de gestión de la dehesa.

Palabras clave: Aridificación, precipitación, evapotranspiración, irregularidad temporal, ecosistema agroforestal.

Evolution of the Aridity Index (1901-2011) in “dehesa” areas of the southwestern Iberian Peninsula

Abstract

The Southwest of the Iberian Peninsula is an area subject to risks of aridification, caused by climate change. We have analyzed the behavior of the Aridity Index (1901-2011) in this area during the last century from the Global Climate Monitor database. In this climate domain, the studied area is occupied mainly by the “dehesa” agroforestry ecosystem with preferential dedication to extensive livestock. The most remarkable result is that the evolution of the aridity index is characterized by the inter-annual irregularity with high variability and disparity. If the results of this study are projected into the future, a reference to the general behavior foreseeable during the 21st century can be obtained. We believe that this characteristic will be decisive during the 21st century, so that its environmental effects should be taken into account in the future management plans of the “dehesa”.

Key words: Rainfall. evapotranspiration. temporary irregularity. agroforestry ecosystem.

1. Introducción

El suroeste de Península Ibérica es una zona potencialmente sensible a los procesos de aridificación inducidos por el cambio climático. El informe oficial de actualización del IPCC para el sur de España (Junta de Andalucía, 2016) indica el riesgo de reducción de los humedales y del incremento de aridez durante el siglo XXI. Al estar comprendida dentro del área de clima mediterráneo es previsible que, en el Sur de España, el incremento de la temperatura y una disminución de la precipitación conduzca -a lo largo del siglo XXI- a una progresiva reducción de recursos hídricos y al aumento de la extensión de las superficie áridas (Iglesias *et al.*, 2005; Gao and Giorgi, 2008; Costa and Soares, 2012; Sousa *et al.*, 2013; Moral *et al.*, 2016). En caso de producirse las peores expectativas se provocaría un severo impacto ambiental que también podría tener consecuencias graves de carácter económico y social.

Por todo ello pretendemos determinar la evolución temporal del riesgo de aridificación en el Suroeste de la Península Ibérica para el período 1901-2011, mediante el Índice de Aridez I_A propuesto por el Programa Medioambiental de ONU, UNEP (Middleton and Thomas, 1993) y adoptado en los informes de FAO. Este índice I_A permite analizar la variabilidad temporal mediante un parámetro que cuantifica las condiciones anuales de sequedad climática dentro de una escala de árido/húmedo.

Los resultados obtenidos, al proyectarlos hacia el futuro, pueden servir de referencia del comportamiento general esperable durante el siglo XXI, si se mantienen las características y condiciones actuales. Además las conclusiones que se obtengan pueden ser útiles para ser contrastadas con las predicciones regionales de los modelos climáticos, ante los diferentes escenarios futuros de Calentamiento Global.

2. Metodología

2.1. Área de estudio

El área de estudio se extiende desde la Sierra de Sevilla, al norte del valle del Guadalquivir, hasta la zona oriental de Alentejo portugués en las riberas del Guadiana, y comprende el sur de Extremadura y el tercio septentrional de la provincia de Huelva, incluido el Parque Natural Sierra de Aracena y Picos de Aroche (Fig. 1). Estudios precedentes (García-Barrón *et al.*, 2013 y 2018) han puesto de manifiesto la alta correspondencia del comportamiento temporal de las variables meteorológicas en los distintos observatorios del suroeste peninsular. El área geográfica estudiada comparte el mismo ámbito climático regional del suroeste, por lo que las conclusiones pueden generalizarse al conjunto de la región. Pertenece al dominio de clima mediterráneo con influencia de la fachada atlántica. La precipitación de la zona está definida por grandes oscilaciones de los totales anuales con periodos plurianuales de sequía. La precipitación intraanual muestra una curva unimodal, ascendente en otoño y suavemente descendente desde finales de invierno hasta mínimos en verano, con años en que la lluvia de julio-agosto es prácticamente nula. La distribución intraanual de la temperatura y la evapotranspiración es opuesta a la precipitación: descendente en otoño, hasta alcanzar mínimo invernal, ascendente en primavera y máxima en verano (García-Barrón and Pita, 2003; García-Barrón *et al.*, 2013).

El área se caracteriza por estar ocupada principalmente por dehesas -Montado, en portugués- de encinas (*Quercus ilex* subsp. *ballota* (Desf.) Samp.) y alcornoques (*Quercus suber* L.) como ecosistema agroforestal con dedicación preferente a ganadería extensiva (ovino, caprino, vacuno y cerdo ibérico). Esta ocupación ganadera dirigida es la base tradicional para el mantenimiento del ecosistema. La vegetación de dehesa presenta elementos xerofíticos adaptados a periodos de sequía prolongados y con gran variabilidad interanual e intraanual.



Fig. 1: Localización geográfica del área de estudio.

Los datos térmicos y de precipitación utilizados en la investigación proceden de la base de datos Global Climate Monitor (<https://www.globalclimatemonitor.org/>) y han sido proporcionados por Climate Research Group de la Universidad de Sevilla (<http://grupo.us.es/climatemonitor/>).

2.2. Indicador termo-pluviométrico

Para analizar la evolución climática elegimos como indicador termo-pluviométrico el Índice de Aridez (I_A), ampliamente utilizado en informes agroforestales, que permite resaltar posibles efectos ambientales. Para cada año n , se define I_A mediante la relación entre la precipitación anual P_n y la evapotranspiración potencial ETP_n calculada por el método Thornthwaite basada en la temperatura media mensual y la insolación teórica (Thornthwaite, 1948; Santos *et al.*, 2017).

$$I_A = P_n / ETP_n \quad (1)$$

El periodo de estudio comprende los años hidrológicos desde 1901 hasta 2011. A partir de los valores anuales I_A calculados se genera la serie interanual empleada para analizar la evolución temporal. El procedimiento de estudio (García-Barrón *et al.*, 2011) utiliza la tendencia lineal obtenida mediante análisis de regresión lineal y las desviaciones relativas acumuladas que muestran secuencias plurianuales diferenciadas. Para determinar la evolución interanual de variabilidad empleamos la serie del coeficiente variación móvil por periodos de 11 años (CV_{11}), obtenido para cada año n como cociente de la desviación típica de la subserie parcial formada por el año n y los diez anteriores, y su correspondiente promedio.

$$CV_{(11)n} = \sigma_{11} / \mu_{11} \quad (2)$$

Complementariamente utilizamos el índice específico de disparidad, función de la desviación de los valores de aridez respecto de los años adyacentes, anterior y posterior. El índice de disparidad específico del año n , Id_n , se calcula con los elementos $\{a_{n-1}, a_n, a_{n+1}\}$ de la serie I_A , siendo μ_n el valor medio de tres elementos consecutivos centrados en n .

$$Id_n = \frac{\sqrt{[(a_n - a_{n-1})^2 + (a_{n+1} - a_n)^2]}/2}{\mu_n} \quad (3)$$

El término irregularidad temporal se asocia conjuntamente a la variabilidad y la disparidad de la serie.

3. Resultados

La serie I_A generada muestra (figura 2) una leve tendencia negativa pero sin significación climática, ya que la varianza explicada es $R^2 < 0,01$, por lo que no es suficiente predictor del comportamiento temporal a largo plazo del índice. En futuros trabajos se plantea el posible análisis más detallado de la tendencia temporal mediante la utilización de modelos ARIMA o similares.

El coeficiente de variación del periodo de observación (cociente de la desviación típica y el correspondiente promedio) alcanza 0,28. Por tanto, como denota la amplitud del rango de valores interanuales, la característica más relevante de la serie IA es la irregularidad interanual.

El valor promedio de la serie I_A es $\mu = 0,72$, por lo que consideraremos localmente años relativamente áridos o húmedos si I_A es inferior o superior a este valor, respectivamente.

Las desviaciones acumuladas respecto del promedio local, permiten detectar secuencias plurianuales diferenciadas. De esta forma, en la figura 3, se pueden apreciar, superpuestos a los dientes de sierra: un tramo descendente hasta 1935, que indica frecuencia de años áridos. Posteriormente hay un periodo

fluctuante de dos décadas. Hacia 1955 se inicia un cambio con predominio de años húmedos hasta 1970. Destaca, en el último treintenio, una fase descendente que asociamos a un nuevo periodo árido.

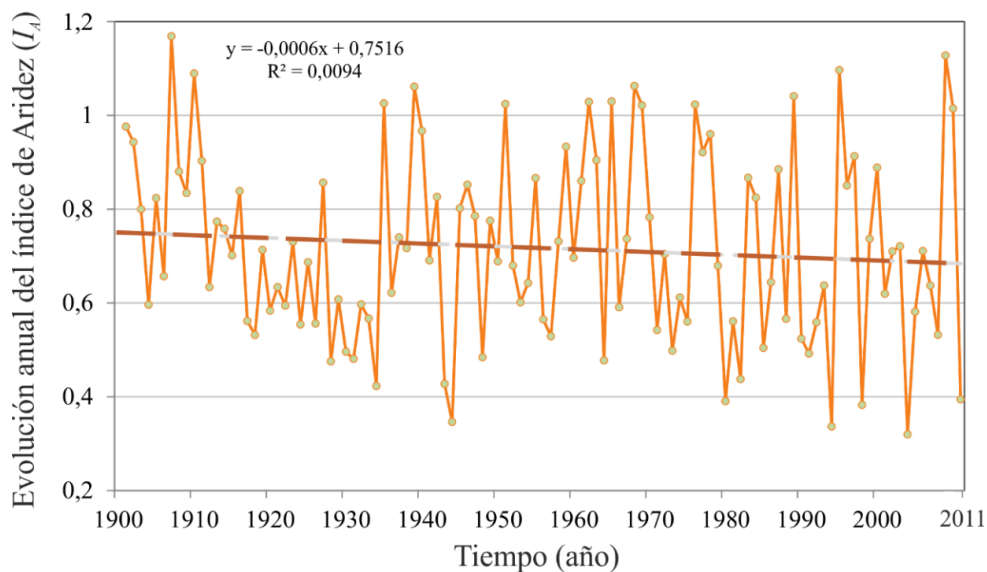


Fig. 2: Evolución del Índice de Aridez (IA) con representación de la recta de tendencia.

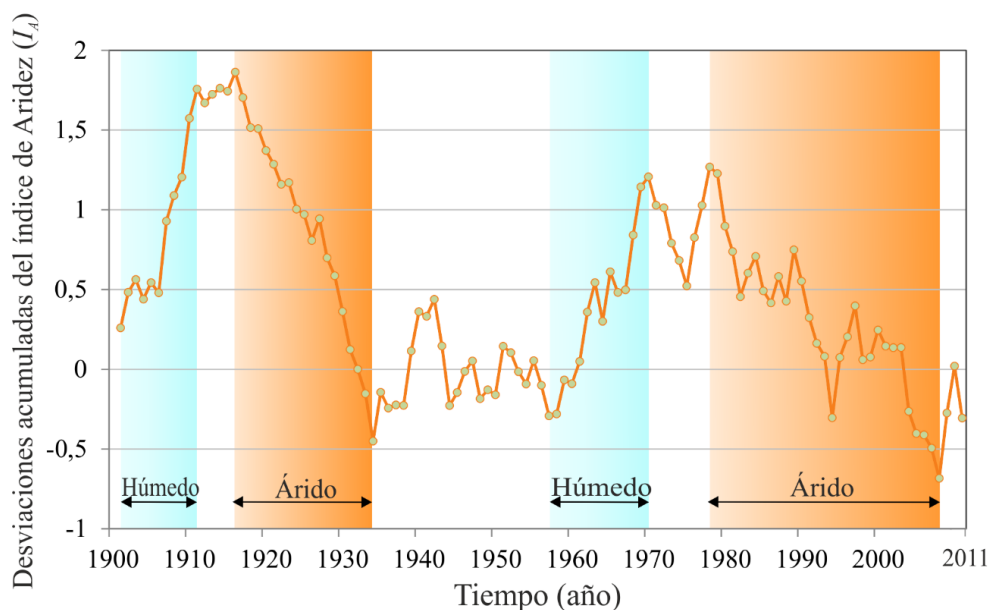


Fig. 3: Desviaciones acumuladas respecto del promedio con indicación de secuencias relativamente áridas o húmedas.

El coeficiente de variación móvil por periodos de 11 años (CV_{11}) da lugar a una nueva serie temporal que permite conocer la evolución temporal de la variabilidad de la aridez y facilita visualizarla gráficamente (figura 4). En esta figura se detecta, a partir de mediados de siglo XX, un incremento progresivo que confirma que, en el último treintenio, aparecen secuencias con marcadas fluctuaciones decadales del I_A ($CV_{11} > 0,3$).

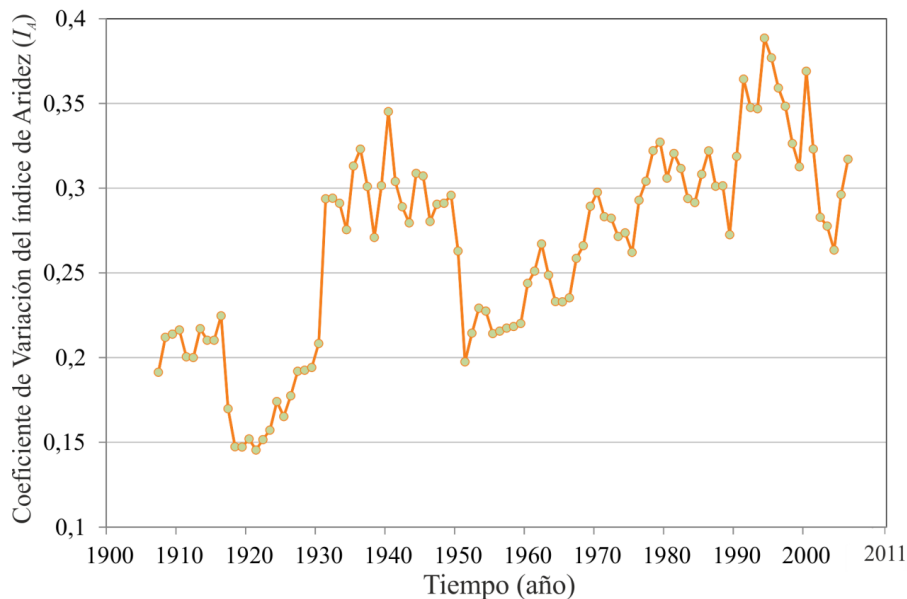


Fig. 4: Coeficiente de variación móvil de I_A por periodos de 11 años.

El índice de disparidad específica interanual de I_A mide de la diferencia de los niveles de aridez entre años consecutivos. De manera que:

- Valores de I_{d_n} inferiores a 0,2 indican estabilidad del índice de aridez con similitud de niveles (altos o bajos).
- Valores de I_{d_n} superiores a 0,45 indican gran contraste de cada año con el anterior y posterior.

En las últimas décadas se observa (figura 5) una mayor frecuencia de los años con un alto grado de disparidad, lo que, junto con alta variabilidad, interpretamos como disposición a la ocurrencia de sucesos extremos.

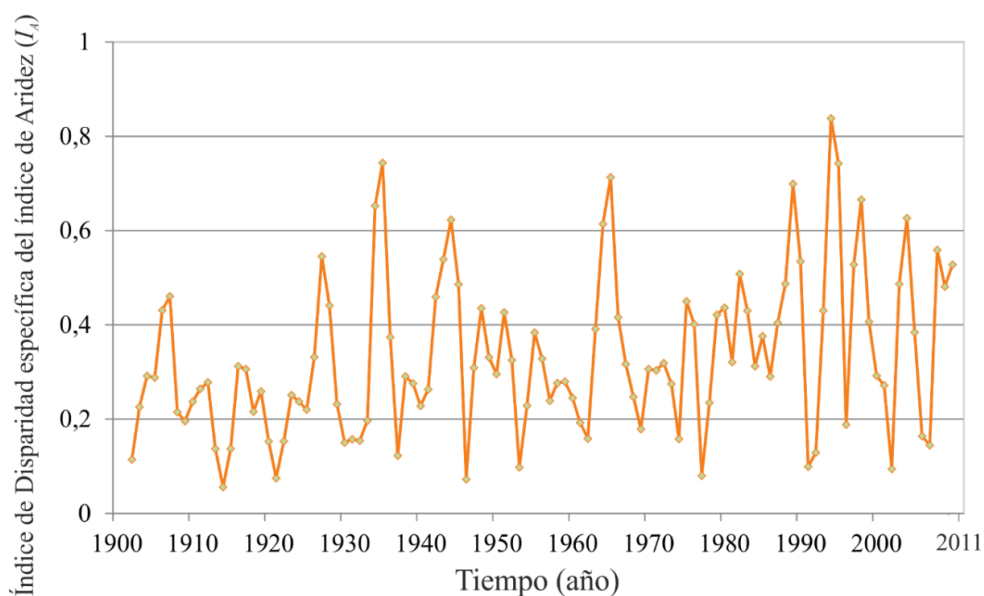


Fig. 5: Disparidad específica interanual de I_A .

4. Conclusiones

Los resultados que se describen respecto de la aridificación en la sección anterior no presentan discrepancias con la interpretación de los obtenidos por distintos métodos de análisis en áreas geográficas próximas del suroeste peninsular (García-Barrón *et al.*, 2019). Posteriores investigaciones permitirán detallar la correspondencia de la evolución temporal observada con las previstas a lo largo del siglo XXI por los modelos climáticos ante distintos escenarios.

Podemos deducir las siguientes conclusiones relacionadas con la aridificación de la zona:

4.1. Valoración climática

La característica más relevante del índice IA, en el SW peninsular, es la irregularidad interanual. Las previsiones de aridez en el futuro, sugieren la incidencia más frecuente de valores extremos, con años excesivamente húmedos y años excesivamente áridos y, en ocasiones, en años sucesivos.

4.2. Efectos ambientales

Aunque la dehesa esté formada por bosques y vegetación con algunos rasgos de xerofitismo y, por ello, adaptados a variabilidad interanual e intraanual, sin embargo, un aumento de la irregularidad del índice IA con recurrencia de valores extremos, podría afectar a:

- Regeneración natural de especies vegetales,
- Riesgo de incendios,
- Fenómenos de erosión,
- Debilitamiento de defensas frente a agentes patógenos de algunos taxones de fagáceas.
- Suponer un impacto sinérgico que incremente la severidad de los impactos antropogénicos,

4.3. Medidas de gestión

Mitigar los potenciales impactos de la extensión e intensificación de la aridez lo largo del siglo XXI requiere la planificación de acciones estructurales, con enfoque plurianual:

- En la ordenación de los ecosistemas naturales y agrosilvopastorales.
- En la regulación hidrológica.
- Y finalmente en la adecuación de las comunidades vegetales que se quieran re-implantar a las condiciones biogeográficas naturales.

Agradecimientos

A los miembros de Climate Research Group de la Universidad de Sevilla, por proporcionar los datos de las variables de temperatura y precipitación que han servido de base para el cálculo del Índice de Aridez.

Bibliografía

- Costa AC, Soares A (2012): Local spatiotemporal dynamics of a simple aridity index in a region susceptible to desertification. *Journal of Arid Environments*, 87:8-18.
- Gao X, Giorgi F (2008): Increased aridity in the Mediterranean region under greenhouse gas forcing estimated from high resolution simulations with a regional climate model. *Global and Planetary Change*, 62:195-209.
- García-Barrón L, Pita MF (2003): Aproximación al comportamiento intraanual de las temperaturas diarias en el suroeste de la Península Ibérica. *Revista de Climatología*, 3:17-26.
- García-Barrón L, Aguilar M, Sousa A (2011): Evolution of annual rainfall irregularity in the southwest of the Iberian Peninsula. *Theoretical and Applied Climatology*, 103:13-26.
- García-Barrón L, Morales J, Sousa A (2013): Characterisation of the intra-annual rainfall and its evolution (1837-2010) in the southwest of the Iberian Peninsula. *Theoretical and Applied Climatology*, 114:445-457.
- García-Barrón L, Morales J, Sousa A (2018): A new methodology for estimating rainfall aggressiveness risk based on daily rainfall records for multi-decennial periods. *Science of the Total Environment*, 615:564-571.
- García-Barrón L, Morales J, Sousa A (2019): Time Analysis of Emberger's Pluviothermic Q Index in the SW of the Iberian Peninsula. En Zhang Z, Khélifi N, Mezghani A, Heggy E (eds.) *Patterns and Mechanisms of Climate, Paleoclimate and Paleoenvironmental Changes from Low-Latitude Regions*, pp. 45-47. Advances in Science, Technology & Innovation (IEREK Interdisciplinary Series for Sustainable Development) Springer, Cham.
- Iglesias A, Estrela T, Gallart F (2005): *Impacts on hydric resources. A preliminary general assessment of the impacts in Spain due to the effects of climate change*. Ministerio de Medio Ambiente, España.
- Junta de Andalucía (2016): *El clima de Andalucía en el siglo XXI. Escenarios locales de cambio climático de Andalucía. Actualización al 4º informe del IPCC*. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. 53 pp.
- Middleton NJ, Thomas DS (1992): *World Atlas of Desertification*. The United Nations Environment Programme UNEP, London.
- Moral FJ, Rebollo FJ, Paniagua L, García-Martín A, Honorio F (2016): Spatial distribution and comparison of aridity indices in Extremadura, Southwestern Spain. *Theoretical and Applied Climatology*, 126:801-814.
- Sousa A, Morales J, García-Barrón L, Garcia-Murillo P (2013): Changes in the *Erica ciliaris* Loeffl. ex L. peat bogs of Southwestern Europe from the 17th to the 20th centuries AD. *The Holocene*, 23:255-269.
- Santos JF, Pulido-Calvo I, Portela MM (2017): Drought Modeling Methods. *Handbook of Drought and Water Scarcity: Principles of Drought and Water Scarcity*. CRC Press Taylor & Francis Group (Boca Raton, FL, USA), 147-165.
- Thornthwaite CW (1948): An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review*, 38:55-94.