

CARACTERIZACIÓN Y EVOLUCIÓN DE LAS TEMPERATURAS MÍNIMAS EN CANARIAS (1950-2023)

Jordan CORREA GONZÁLEZ¹, Pedro DORTA ANTEQUERA¹, Abel LÓPEZ DÍEZ¹, Jaime DÍAZ PACHECO¹ y Nerea MARTÍN RAYA¹

¹*Cátedra Universitaria de Reducción del Riesgo de Desastres y Ciudades Resilientes. Universidad de La Laguna*

jcorreag@ull.edu.es, pdorta@ull.edu.es, alopezd@ull.edu.es,
jdiazpac@ull.edu.es, nmartinr@ull.edu.es

RESUMEN

En este trabajo se estudia la distribución espacial de las temperaturas mínimas en Canarias, así como su evolución en las últimas décadas. Para ello, se analizan los registros diarios de temperatura mínima entre 1950 y 2023 de cincuenta y tres estaciones meteorológicas cuyo emplazamiento resulta representativo de las compartimentadas condiciones climáticas de Canarias. Se emplea la información del reanálisis atmosférico de *ERA5-Land* para reconstruir y homogeneizar las series, realizándose con posterioridad una interpolación para cartografiar las condiciones térmicas de la totalidad del archipiélago. Los resultados muestran la gran influencia que ejerce la altitud sobre la temperatura en Canarias, de modo que las costas —<300 m.s.n.m.— promedian una temperatura mínima media mensual, en el período de análisis, de 18°C, mientras que las cumbres —>1 200 m.s.n.m.— registran una media de 8°C. Esta graduación térmica según la elevación insular se manifiesta, asimismo, en la distribución de la temperatura mínima absoluta —por debajo de -20°C en los sectores culminantes de algunas islas y por encima de 10°C en áreas litorales cálidas—, así como en la evolución temporal de la variable. En este sentido, a pesar de identificarse un calentamiento generalizado en toda Canarias, el incremento de las mínimas en las cumbres —0.2°C por década y, en algunos puntos, 0.3°C— es muy superior al de las costas —menos de 0.1°C en determinadas zonas—.

Palabras clave: temperatura mínima, Canarias, cambio climático, gradiente térmico

ABSTRACT

This paper studies the spatial distribution of minimum temperatures in the Canary Islands, as well as their evolution over the last decades. For this purpose, we analyse the daily minimum temperature records between 1950 and 2023 from fifty-three weather stations whose location is representative of the compartmentalised climatic conditions of the Canary Islands. Information from the *ERA5-Land* atmospheric reanalysis is used to reconstruct and homogenise the series, and interpolation is then performed to map the thermal conditions of the entire archipelago. The results show the great influence of altitude on temperature in the Canary Islands, so that the coasts —<300 m.a.s.l.— average a monthly minimum temperature of 18°C during the analysis period, while the summits —>1 200 m.a.s.l.— record an average of 8°C. This

thermal gradation according to island elevation is also evident in the distribution of the absolute minimum temperature—below -20°C in the culminating sectors of some islands and above 10°C in warm coastal areas—, as well as in the temporal evolution of the variable. In this sense, although a generalised warming has been identified throughout the Canary Islands, the increase in minimum temperatures at the summits—0.2°C per decade and, at some points, 0.3°C—is much higher than on the coasts—less than 0.1°C in certain areas—.

Keywords: minimum temperature, Canary Islands, climate change, thermal gradient

1. INTRODUCCIÓN

De manera recurrente, el análisis del cambio climático y, en concreto, del calentamiento global, se ha centrado en el estudio de los extremos térmicos por sus indudables impactos sobre la población, los cultivos o los ecosistemas, entre otros (Hay et al., 2016; Khan et al., 2024). Así, las temperaturas máximas conforman un indicador apetecible y fácilmente interpretable tanto en el mundo académico como en el mediático. Abundan, en este sentido, los trabajos orientados al análisis de las temperaturas máximas—actuales y proyectadas—, así como la utilización de índices térmicos basados en esta variable para analizar situaciones de elevado estrés ambiental (El Kenawy et al., 2011).

Sin embargo, este tradicional interés por el estudio de la temperatura culminante de cada día—o de una serie completa, en el caso de la máxima absoluta—no menoscaba la relevancia creciente de las temperaturas mínimas, presentes también en variadas investigaciones e índices climáticos (Miró et al., 2016; Pithan & Schatt, 2024). El importante aumento de los valores mínimos que, de acuerdo con la comunidad científica (IPCC, 2021), se está produciendo en diversas regiones del planeta, presenta consecuencias importantes en diferentes sectores y ámbitos. Destacan, de este modo, los impactos sobre el bienestar y la salud de la ciudadanía (Otani et al., 2021), el confort turístico (Miró & Olcina, 2020; Dorta et al., 2024), los ciclos hidrológicos (Zhang et al., 2013) o la productividad agrícola (Fatima et al., 2020), entre otras repercusiones. La dimensión e implicaciones de todas ellas requiere de la realización de análisis científicos que evalúen la magnitud de los cambios registrados en esta variable a escalas espacialmente apropiadas para la adopción de medidas de adaptación eficaces y ajustadas a las características ecológicas y socioterritoriales de cada lugar.

Las islas Canarias presentan una muy notable diversidad ecológica como consecuencia de una marcada heterogeneidad climática. A la compartimentación inherente a su condición archipiélágica se suman factores como la orientación de las laderas en relación con los vientos alisios, la presencia de la corriente marina fría de Canarias o, con especial significación, el relieve. La influencia de este último sobre las condiciones ambientales de Canarias se vincula, además de a la mentada orientación diferencial de las laderas insulares, a lo accidentado de su orografía y, sobre todo, a la considerable altitud que alcanzan algunas de sus islas—por encima de 1 400 m.s.n.m. en cinco de ellas—. Cabe mencionar, asimismo, que a barlovento de los alisios de las islas más montañosas se despliega, durante la mayor parte del año,

un manto de estratocúmulos que aporta a dichas vertientes frescor y humedad de manera relativamente constante. En definitiva, resultan acusados los contrastes ambientales —higrotérmicos, pluviométricos, eólicos, de insolación, etc.— entre islas, franjas altitudinales y vertientes, circunstancia que condiciona la distribución faunística y florística, el poblamiento humano y el emplazamiento de las distintas actividades productivas.

Por otra parte, en lo que concierne específicamente al cambio climático, este constituye un fenómeno con especial incidencia en los espacios insulares (Duvat et al., 2017). El grado de vulnerabilidad de las islas se ha señalado superior por razones de muy diversa índole; cuentan, por definición, con un territorio particularmente limitado y aislado, se hallan muy expuestas a procesos como el aumento del nivel del mar y su nivel de diversificación económica es escaso —dependiendo, en muchos casos, de la práctica turística—. Además, sus posibilidades de mitigación y adaptación son exigüas y, como ocurre en Canarias, su elevada densidad de población dificulta la gestión de los riesgos asociados a las transformaciones climáticas actuales. En el entorno de la región estudiada, las investigaciones apuntan a un incremento térmico más importante en las mínimas que en las máximas, así como a una paulatina y menos significativa reducción de las precipitaciones (Martín-Esquível et al., 2012; Dorta et al., 2018).

Este trabajo, partiendo de la expuesta conveniencia y utilidad socioecológica de analizar la evolución de las temperaturas mínimas y en consideración de la referida compartimentación climática de las islas, presenta los siguientes objetivos: (1) estudiar la distribución de las temperaturas mínimas en Canarias de manera territorial y ambientalmente representativa; y (2) estimar la existencia de tendencias estadísticas en la evolución de dicha variable en las últimas décadas.

2. MÉTODOS

Para satisfacer los objetivos señalados, se han seleccionado los registros diarios de temperatura mínima de 53 estaciones meteorológicas cuya información procede de la Agencia Estatal de Meteorología AEMET—. Estas estaciones se reparten en las ocho islas habitadas de Canarias, localizándose a distintas cotas altitudinales y vertientes (*Fig. 1*).

Conviene señalar los contrastes existentes entre las fechas de inicio de las diferentes series; el observatorio de Izaña, por ejemplo, dispone de una serie centenaria, frente a otros puntos con datos cuya extensión temporal es inferior a una década. Así, con el objetivo de llenar las series, reconstruir las más breves y poderlas homogeneizar, se han obtenido los datos de temperatura procedentes del reanálisis atmosférico de *ERA5-Land* (Muñoz-Sabater, 2019) entre 1950 y 2023, período de análisis escogido. Siendo esta información de carácter horario, se han descargado los registros de temperatura de cada día entre las 23.00 y las 08.00 horas —intervalo en el que se produce, en más del 90% de los registros, el mínimo térmico diario— de las celdas dispuestas sobre las estaciones meteorológicas o, en su defecto, los de las celdas más próximas a dichos puntos.

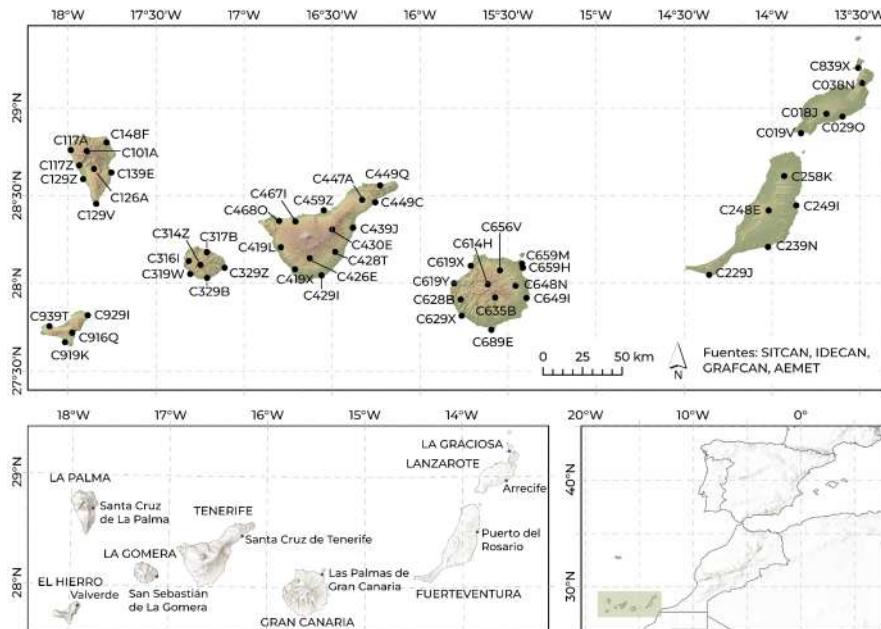


Fig. 1: Estaciones seleccionadas

A continuación, se ha efectuado un análisis tendencial a través del test de *Mann-Kendall*, así como del test no paramétrico conocido como *Sen's slope*, que ha posibilitado la estimación de la magnitud o ritmo de los cambios observados en la temperatura mínima.

Una vez ejecutado dicho procedimiento estadístico, se ha realizado una interpolación de distancia inversa ponderada —IDW— de los resultados de las estaciones para obtener una zonificación adecuada de las temperaturas mínimas en las islas, corrigiendo la predicción espacial de la variable mediante la combinación de la misma con la altitud, introduciendo el gradiente vertical (Fries et al., 2012). Así, se ha utilizado un Modelo Digital del Terreno —MDT— de las islas con un paso de malla de veinticinco metros (SITCAN, 2021).

3. RESULTADOS

El promedio de temperatura mínima media anual entre 1950 y 2023 en Canarias es de 15.6°C. Sin embargo, como ya se ha señalado, existen importantes diferencias espaciales, confirmándose la enorme influencia que ejerce el relieve sobre la temperatura (Fig. 2). En este sentido, las estaciones emplazadas por debajo de 300 m.s.n.m. promedian 18°C, cifra que desciende a 8°C entre aquellas situadas por encima de 1 200 metros. Las veinticinco estaciones meteorológicas con valores medios anuales más elevados se sitúan por debajo de 250 m.s.n.m., mientras que las cuatro con temperaturas más bajas —Vilaflor (C426E), Vallehermoso Alto Igualero (C314Z), Roque de los Muchachos (C101A) e Izaña (C430E)— se ubican por encima

de 1 250 m.s.n.m. Con todo ello, la correlación entre altitud y temperatura mínima es muy alta — $R^2 = 0.87$ — (Fig. 3).

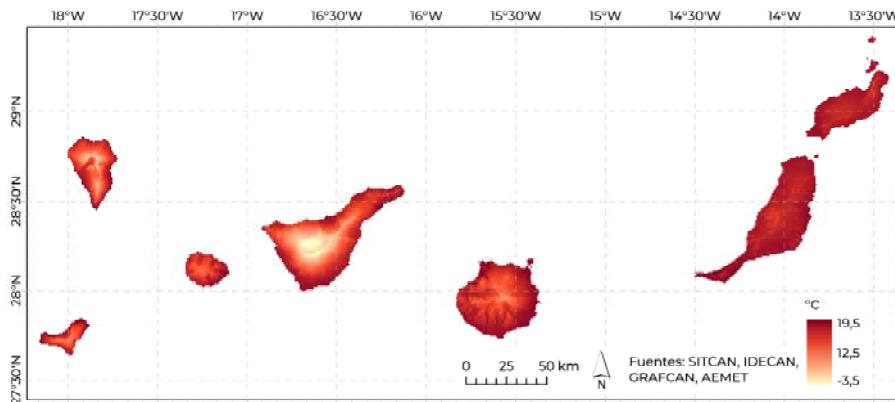


Fig. 2: Temperatura mínima media anual en Canarias (1950-2023)

En diversos sectores costeros de la mayoría de las islas, así como en amplias extensiones de Lanzarote y Fuerteventura, la temperatura mínima promediada a lo largo del período de análisis supera 18.5°C, mientras que, en los espacios interiores de las islas más occidentales, dicho valor es inferior a 10°C e, incluso en los puntos de mayor cota, inferior a 0°C.

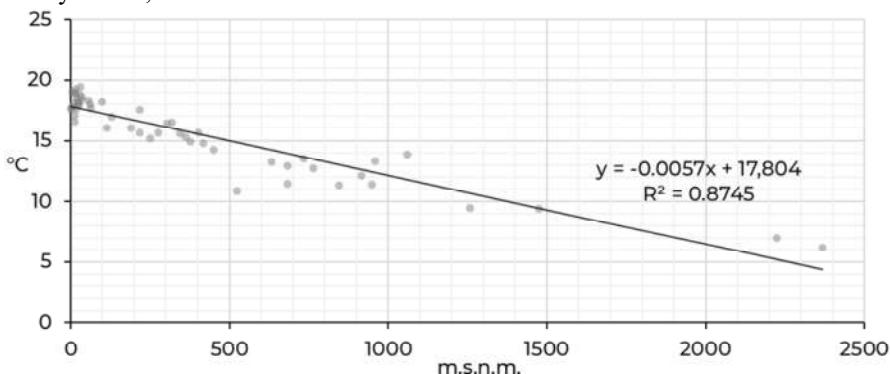


Fig. 3: Relación entre la temperatura mínima media anual (1950-2023) y la altitud de las estaciones

En lo que concierne a la temperatura mínima absoluta, se observan, de nuevo, grandes contrastes espaciales; en apenas ocho de las cincuenta y tres estaciones se han registrado, en alguna ocasión, valores negativos —cinco por encima de 1 000 m.s.n.m. y las tres restantes por encima de 800 metros—. En Izaña —C430E—, El Paso —C126A—, Vallehermoso Alto Igualero —C314Z— y el Roque de Los Muchachos —C101A—, la mínima absoluta se encuentra por debajo de -5°C. Por el contrario, en emplazamientos costeros como Las Palmas de Gran Canaria —C659M—, San Sebastián de La Gomera —C329Z—, Frontera —C939T—, Fuencaliente —C129V—

, Maspalomas —C629X— o La Graciosa —C839X—, el mínimo de temperatura desde 1950 ronda, o supera, en algunos casos, los 10°C (*Fig. 4*). En la práctica totalidad de las estaciones, el valor térmico más bajo se registra entre enero y marzo.

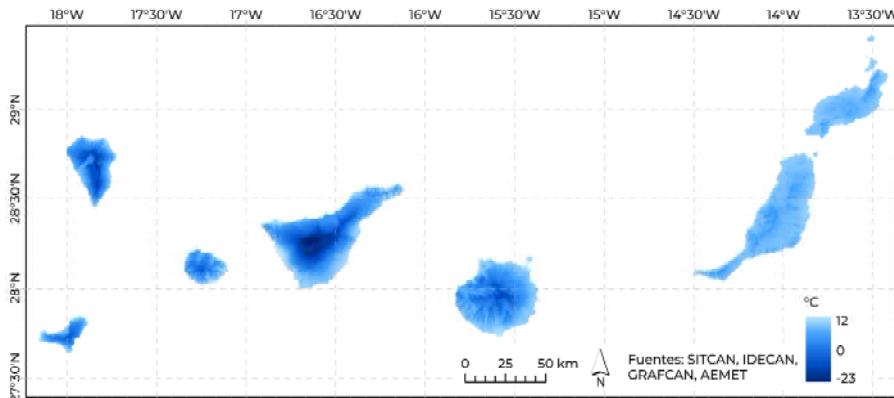


Fig. 4: Temperatura mínima absoluta en Canarias (1950-2023)

Por su parte, el análisis de la evolución temporal de la temperatura mínima en las islas refleja un calentamiento generalizado en todo el archipiélago (*Fig. 5*). A pesar de este extendido calentamiento, el aumento registrado en las últimas siete décadas guarda una estrecha relación con la altitud — $R^2 = 0.72$ — (*Fig. 6*). Las costas y las islas orientales —Fuerteventura, Lanzarote y La Graciosa— han experimentado una menor variación en las mínimas frente a los sectores de medianías y, sobre todo, a las cumbres, donde el incremento térmico llega a triplicar el del litoral en algunos puntos. Hasta 1975, aproximadamente, las tendencias son muy débiles e, incluso, en algunas estaciones se tiende hacia un ligero enfriamiento que contrasta con el paulatino aumento térmico experimentado desde la década de 1980 hasta la actualidad.

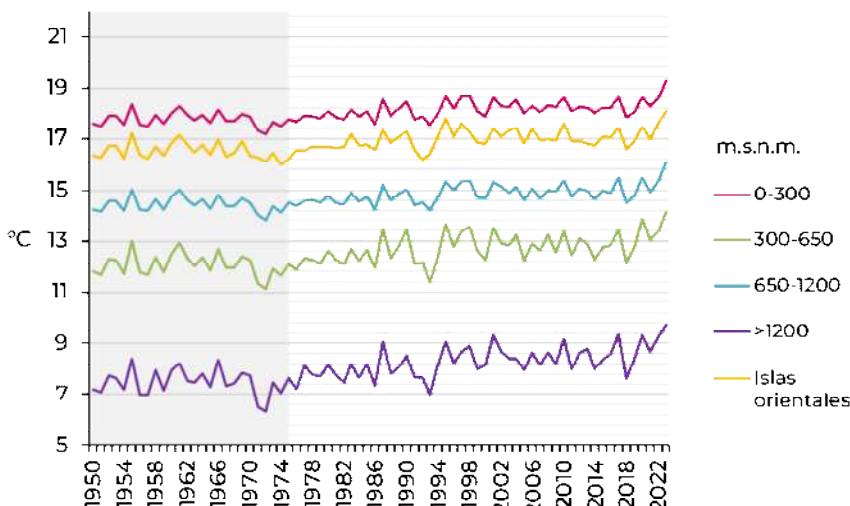


Fig. 5: Evolución de la temperatura mínima media anual en Canarias por franjas altitudinales (1950-2023)

En todo caso, en las 53 estaciones estudiadas se identifica, a partir de la aplicación del *test de Mann-Kendall*, una tendencia creciente significativa entre 1950 y 2023 cuyo grado de confianza estadística excede el 99%. En cuanto al ritmo de aumento, destacan puntos de cumbre y medianías como Izaña —C430E—, San Bartolomé de Tirajana —C635B—, Vallehermoso - Alto Igualero —C314Z—, Tejeda —C614H—, Vilaflor —C426E—, o el Roque de Los Muchachos —C101A—, todos ellos emplazados por encima de los 900 m.s.n.m. y con un calentamiento superior a 0.2°C por década —es decir, más de 1.5°C en todo el período de análisis—. Incluso, se reconocen sectores insulares a gran elevación cuyo calentamiento decadal se sitúa en el entorno de 0.3°C. En el extremo opuesto, con aumentos térmicos significativos, pero de menor magnitud, se encuentran estaciones fundamentalmente de costa donde el ritmo de incremento por decenio es ligeramente inferior a 0.1°C —menos de 0.75°C a lo largo de las siete décadas—: Las Palmas de Gran Canaria —C659M—, Taganana —C449Q—, los aeropuertos de El Hierro —C929I— y La Gomera —C329B—, Agaete —C619X—, Puerto de la Cruz —C459Z—, etc. —Figura 5—.

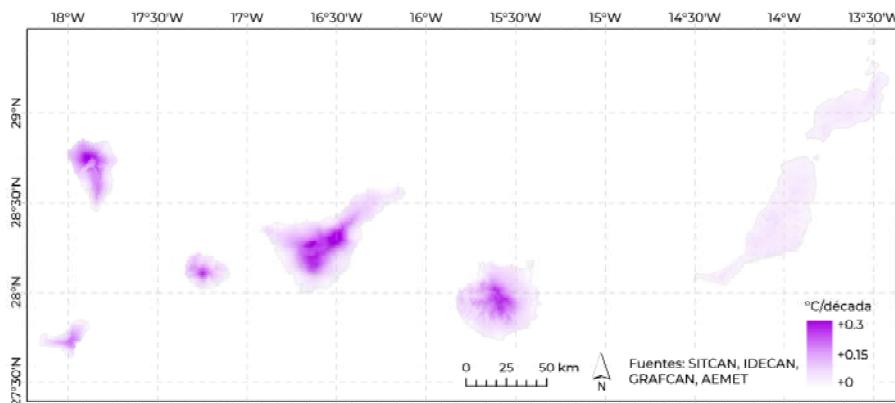


Fig. 6: Evolución de la temperatura mínima media anual en Canarias (1950-2023)

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El análisis estadístico de los valores térmicos mínimos en Canarias refleja una alta compartimentación geográfica, cuestión ya conocida pero en la que se profundiza con gran precisión en este trabajo, al haber empleado un elevado número de estaciones meteorológicas con series largas (74 años de datos), y en virtud del método empleado. Los resultados obtenidos, que desarrollan y actualizan lo expuesto por otros autores, confirman la enorme importancia del relieve en la distribución de las temperaturas en el archipiélago, tanto en lo que se refiere a su orientación (especialmente en relación con la presencia constante de los vientos alisios) como, sobre todo, a su altitud que determina la coexistencia de valores extremos muy inferiores a los 0°C y otros por encima de 10°C en apenas unos pocos kilómetros. No obstante, resulta importante el

hecho de que las temperaturas mínimas, medias y extremas en los sectores costeros de Canarias son las más altas de todo el país, y en ellas, tal y como indican publicaciones recientes, se registra el mayor número de noche tropicales (Correa et al., 2024).

Probablemente, la principal aportación de esta investigación remita al análisis de las tendencias en el actual contexto del cambio climático. Como se ha expuesto, se han analizado los registros térmicos de una gran variedad de estaciones cuyas series se homogeneizan y completan haciendo uso de información proveniente de reanálisis atmosférico. Los resultados obtenidos, además, se encuentran en consonancia con los datos ofrecidos por otros trabajos ya publicados que han empleado series más cortas (Martín-Esquível et al., 2012). Así, la presente investigación ha demostrado, con un alto grado de consistencia estadística, el importante calentamiento nocturno que se está produciendo en Canarias. Este se ha producido en todo el territorio de forma generalizada, pero, una vez más, existen sustanciales diferencias geográficas. El principal factor que determina el mayor o menor calentamiento remite a la altitud, de manera que existe una altísima correlación entre la cota altitudinal y la velocidad del ascenso térmico. Esta circunstancia se observa de forma especialmente patente al comparar los resultados de los observatorios del litoral con los ubicados en la alta montaña; la magnitud del calentamiento es el triple en estos últimos sectores frente a los primeros.

Aunque, como se ha evidenciado, el gradiente térmico altitudinal resulta ser un factor determinante para comprender la distribución de las temperaturas en el archipiélago, la inversión térmica de subsidencia de los vientos alisios desempeña un papel esencial, explicando el marcado calentamiento en cotas altas. De este modo, la presencia de dicho fenómeno implica un alejamiento efectivo de la influencia oceánica a partir de cierta altitud, lo que ocasiona un incremento térmico mucho más pronunciado por encima de la señalada inversión.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a J.A. Guijarro su asesoramiento durante el proceso de control de calidad y homogeneización de las series climáticas.

REFERENCIAS

- Correa, J., Dorta, P., López-Díez, A. & Díaz-Pacheco, J. (2024). Analysis of tropical nights in Spain (1970–2023): Minimum temperatures as an indicator of climate change. *International Journal of Climatology*, 44(9), 3006-3027. <https://doi.org/10.1002/joc.8510>
- Dorta, P., López-Díez, A. & Díaz-Pacheco, J. (2018). El calentamiento global en el Atlántico Norte Suroriental. El caso de Canarias. Estado de la cuestión y perspectivas de futuro. *Cuadernos Geográficos*, 57(2), 27-52. doi: <https://doi.org/10.30827/cuadgeo.v57i2.5934>
- Dorta, P., Sánchez-Almodóvar, E., López-Díez, A., Díaz-Pacheco, J. & Olcina, J. (2024). Climate Change and Tourism in Spain. The Case of the Canary Islands and the Costa Blanca (Alicante). En Remoaldo, P., Lopes, H., Ribeiro, V. & Alves, J.

- (Eds.), *Tourism and Climate Change in the 21st Century. Advances in Spatial Science* (pp. 143-173). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-59431-1_7
- Duvat, V., Magnan, A., Wise, R. M., Hay, J. E., Fazey, I., Hinkel, J., Stojanovic, T., Yamano, H. & Ballu, V. (2017). Trajectories of exposure and vulnerability of small islands to climate change. *WIREs Climate Change*, 8(6). doi: <https://doi.org/10.1002/wcc.478>
- El Kenawy, A., López-Moreno, J.I. & Vicente-Serrano, S.M. (2011). Recent trends in daily temperature extremes over northeastern Spain (1960–2006). *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 11(9), 2583-2603. doi: <http://dx.doi.org/10.5194/nhess-11-2583-2011>
- Fatima, Z., Ahmed, M., Hussain, M., Abbas, G., Ul-Allah, S., Ahmad, S., Ahmed, N., Arif-Ali, M., Sarwar, G., ul-Hauqe, E., Iqbal, P. & Hussain, S. (2020). The fingerprints of climate warming on cereal crops phenology and adaptation options. *Scientific Reports*, 10(18013). doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-74740-3>
- Fries, A., Rollenbeck, R., Nauß, T., Peters, T., & Bendix, J. (2012). Near surface air humidity in a megadiverse andean mountain ecosystem of southern Ecuador and its regionalization. *Agricultural and Forest Meteorology*, 152, 17–30. doi: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2011.08.004>
- Guijarro, J.A. (2024). Guía de uso del paquete de R *climatol* (versión 4.1.1). Retrieved from/Recuperado de <https://www.climatol.eu/climatol4.1.1-es.pdf>
- Hay, J. E., Easterling, D., Ebi, K. L., Kitoh, A., & Parry, M. (2016). Introduction to the special issue: Observed and projected changes in weather and climate extremes. *Weather and Climate Extremes*, 11, 1-3. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wace.2015.08.006>
- 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. Cambridge University Press. Retrieved from/Recuperado de https://report.ipcc.ch/ar6/wg1/IPCC_AR6_WGI_FullReport.pdf
- Khan, F., Liou, Y.-A., Spöck, G., Wang, X. & Ali, S. (2024). Assessing the impacts of temperature extremes on agriculture yield and projecting future extremes using machine learning and deep learning approaches with CMIP6 data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 132. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2024.104071>
- Martín-Esquível, J. L., Bethencourt, J., & Cuevas-Agulló, E. (2012). Assessment of global warming on the island of tenerife, canary islands (spain). trends in minimum, maximum and mean temperatures since 1944. *Climatic Change*, 114(2), 343–355. doi: <https://doi.org/10.1007/s10584-012-0407-7>
- Miró, J., Olcina, J., Estrela, M.J. & Caselles, V. (2016). Confort climático, cambio climático y actividad turística en Alicante. En Olcina, J., Rico-Amorós, A.M. & Moltó, E. (Eds.), *Clima, sociedad, riesgos y ordenación del territorio. Libro de Actas del X Congreso Internacional de la Asociación Española de Climatología* (pp. 667-678). doi: <http://dx.doi.org/10.14198/XCongresoAECAlicante2016-63>
- Miró, J.J. & Olcina, J. (2020). Cambio climático y confort térmico. Efectos en el turismo de la Comunidad Valenciana. *Investigaciones Turísticas*, 20, 1-30. doi: <https://doi.org/10.14198/INTURI2020.20.01>

- Muñoz-Sabater, J. (2019). ERA5-Land hourly data from 1950 to present. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS). doi: <https://doi.org/10.24381/cds.e2161bac>
- Otani, S., Ishizu, S., Masumoto, T., Amano, H., & Kurozawa, Y. (2021). The Effect of Minimum and Maximum Air Temperatures in the Summer on Heat Stroke in Japan: A Time-Stratified Case-Crossover Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph18041632>.
- Pithan, F. & Schatt, L. (2024). Diurnal Temperature Range Trends Differ Below and Above the Melting Point. *Geophysical Research Letters*, 51(17). doi: <https://doi.org/10.1029/2024GL109751>
- SITCAN (2021). Modelo Digital de Terreno (MDT) de 25x25 metros. Retrieved from/Recuperado de <https://opendata.sitcan.es/dataset/modelo-digital-de-terreno-mdt-de-25x25-metros>
- Zhang, Q., Li, J., Singh, V. P., & Xiao, M. (2013). Spatio-temporal relations between temperature and precipitation regimes: Implications for temperature-induced changes in the hydrological cycle. *Global and Planetary Change*, 111, 57–76. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2013.08.012>