

ANÁLISIS ESPACIO-TEMPORAL DE LA OLA DE CALOR DE 2018 EN LA PENÍNSULA IBÉRICA Y BALEARES MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DEL ÍNDICE EXCESS HEAT FACTOR

Alejandro DÍAZ-POSO¹, Dominic ROYÉ¹, Nieves LORENZO²

¹*Departamento de Geografía, Universidad de Santiago de Compostela, España.*

²*Departamento de Física Aplicada, Universidad de Vigo, España.*

a.diaz.poso@usc.es, dominic.roye@usc.es, nlorenzo@uvigo.es

RESUMEN

El contexto de calentamiento global en el que nos encontramos ha traído consigo eventos climáticos de consecuencias catastróficas entre los que destacan las olas de calor, tanto por sus implicaciones en la mortalidad y en la economía, como por su aumento en intensidad y frecuencia en las últimas décadas. Las olas de calor han sido estudiadas por numerosos autores y organismos atendiendo a sus temperaturas máximas, duración u extensión mínima, sin considerar una dimensión importante de las mismas, la intensidad. La novedad del presente trabajo reside en la cuantificación de la intensidad, extensión y duración de la ola de calor de 2018 en la Península Ibérica y Baleares, mediante la utilización del índice EHF. Este índice se basa en la temperatura media diaria para un periodo promedio de tres días y, al considerar las temperaturas mínimas y los últimos 30 días, tiene en cuenta la disipación del exceso de calor acumulado, y la aclimatación de la población a dicha acumulación de calor. Los resultados muestran que la intensidad es mayor en altura, evidenciando la influencia de la inyección de aire tropical sahariano en niveles altos de la troposfera, y al oeste peninsular, debido a su dirección S-SE; mientras que la duración es menor en altura y mayor en el este; duplicándose, de manera generalizada, en el SE mediterráneo respecto al oeste peninsular. Asimismo, la intensidad decrece considerablemente en el este fruto del enfriamiento experimentado por la advección al circular sobre el Mar Mediterráneo, registrándose una carga de calor acumulada notablemente menor que en la mitad oeste.

Palabras clave: olas de calor, intensidad, extensión, duración, EHF.

ABSTRACT

The context of global warming in which we find ourselves has brought with it climatic events with catastrophic consequences, among which heat waves stand out, both because of their implications for mortality and the economy, and because of their increase in intensity and frequency in recent decades. Heat waves have been studied by numerous authors and organisations in terms of their maximum temperatures, duration and minimum extent, without considering an important dimension, namely intensity. The novelty of the present work lies in the quantification of the intensity, extent and duration of the 2018 heat wave in the Iberian Peninsula and the Balearic Islands, using the EHF index. This index is based on the daily mean temperature for an average period of three days, and, by considering the minimum temperatures and the last 30 days, it takes into account the dissipation of the accumulated excess heat,

and the acclimatisation of the population to this heat accumulation. The results show that the intensity is greater at altitude, evidencing the influence of the injection of tropical Saharan air at high levels of the troposphere, and in the west of the peninsula, due to its S-SE direction; while the duration is shorter at altitude and longer in the east; doubling, in a generalised manner, in the SE Mediterranean with respect to the west of the peninsula. Likewise, the intensity decreases considerably in the east as a result of the cooling experienced by the advection as it circulates over the Mediterranean Sea, registering a notably lower accumulated heat load than in the western half.

Key words: heatwaves, intensity, extent, duration, EHF.

1. INTRODUCCIÓN

El calentamiento global que estamos observando actualmente, 1°C por encima de los niveles preindustriales según el IPCC (2018), va acompañado de eventos extremos que tienen impactos crecientes en la sociedad y en el medioambiente. Los eventos extremos más relevantes son las olas de calor, periodos inusuales de calor excesivo, debido a su importante contribución a la morbilidad y mortalidad, la vulnerabilidad social y las pérdidas económicas en sectores como el agrícola o el energético (Guo et al., 2017; Royé et al., 2020).

En las últimas décadas, la temperatura media en superficie ha aumentado globalmente 0,2°C/década (IPCC, 2018), lo que en la Península Ibérica se traduce en 0,5°C/década en los últimos 30 años (Brunet et al., 2007; Ramos et al., 2011). Dicho aumento de la temperatura superficial afecta a la frecuencia e intensidad de los fenómenos meteorológicos extremos (Rodríguez-Puebla et al., 2010; IPCC 2014; Schleussner et al., 2017). Las proyecciones climáticas predicen un aumento de las temperaturas medias globales de 1,5°C por encima de los niveles preindustriales (IPCC, 2018), lo que provocará eventos de calor extremo más intensos, prolongados y frecuentes en Europa en el siglo XXI, con un mayor impacto en la Península Ibérica y las regiones mediterráneas (IPCC, 2014; Gasparrini et al., 2017; Vicedo-Cabrera et al., 2018).

La ausencia de una definición universal de ola de calor debido a las complejas interacciones entre los eventos atmosféricos y los impactos humanos ha dado lugar a numerosos índices, con una amplia variedad de criterios, variables y umbrales de temperatura que dificultan la determinación de medidas universales para cualquier clima (Brunet et al., 2007; Rodríguez-Puebla et al., 2010; Russo et al., 2017; Montero et al., 2013; Acero et al., 2017; Viceto et al., 2019). Los eventos de ola de calor pueden caracterizarse atendiendo a 4 dimensiones: frecuencia, duración, intensidad y extensión espacial (Raei et al., 2018). Sin embargo, la intensidad (también llamada severidad o magnitud), y la extensión espacial de las olas de calor han sido menos estudiadas, especialmente en la Península Ibérica (Molina et al., 2020; Sánchez-Benítez et al., 2020; Lorenzo et al., 2021). Entre los numerosos índices de olas de calor existentes, Nairn y Fawcett (2015) han desarrollado recientemente un índice denominado Excess Heat Factor (EHF). Desde una perspectiva biometeorológica, el índice EHF incorpora directamente el aspecto de la intensidad y el proceso de aclimatación del cuerpo humano, que no se incluye en muchos de los otros índices de

olas de calor (Xu et al., 2016). El índice EHF consta de 2 componentes. El primer componente es la comparación de la temperatura media diaria de 3 días con el percentil 95. El segundo componente es una medida de las temperaturas alcanzadas durante el periodo de 3 días en comparación con el pasado reciente (los 30 días previos). Estudios previos sugieren que el índice EHF puede predecir eficientemente los eventos de riesgo para la salud en comparación con otros índices de olas de calor (Guo et al., 2017; Royé et al., 2020; Sheridan et al., 2021). El conocimiento y la comprensión del efecto que los diferentes elementos que definen una ola de calor tienen sobre la salud humana son esenciales para el sistema sanitario (Royé, et al., 2020).

El objetivo de este estudio es realizar un análisis espacio-temporal de la intensidad, duración y extensión espacial de la ola de calor de agosto de 2018 en la Península Ibérica y Baleares (PIB), mediante la utilización del índice EHF.

2. DATOS Y MÉTODOS

2.1. Datos

Se ha utilizado el conjunto de datos de temperatura E-OBS del proyecto europeo UERRA EU-FP6 (Cornes et al., 2018). Se trata de un conjunto de datos diarios sobre una rejilla regular de 0,1° (~ 10 km) que cubre la región europea y que se basa en los datos de las estaciones recogidos por la iniciativa ECAD&D (Klein Tank et al., 2002). Abarca el periodo comprendido entre el 1 de enero de 1950 y el presente, siendo actualizado con frecuencia. Su elección responde al extenso periodo de datos diarios proporcionado, así como a la resolución espacial de la rejilla.

2.2. Excess Heat Factor

El índice EHF es una medida de la intensidad de la ola de calor desarrollada por Langlois et al. (2013). Este índice se basa en la temperatura media diaria para un periodo de tres días. Este periodo de tres días está motivado por los estudios sobre la respuesta humana al inicio de un tiempo extremadamente caluroso. La razón principal para medir la intensidad de la ola de calor es identificar las olas de calor que podrían tener consecuencias graves en la población (Langlois et al., 2013; Nairn y Fawcett, 2015). El índice EHF es una factorización de dos índices de exceso de calor diario. El primero es la comparación de la temperatura media diaria de tres días con el umbral de temperatura en esa ubicación específica para la serie temporal de referencia (1950-2020). Si el promedio de la temperatura media diaria durante el periodo de tres días es superior al percentil 95 de la temperatura media diaria, el periodo de tres días se encontraría bajo condiciones de ola de calor. Este componente se denomina índice de significancia (EHIsig_i). Si es positivo, se considera que el periodo es inusualmente cálido en comparación con el clima anual local.

$$EHIsig_i = \frac{(T_i + T_{i+1} + T_{i+2})}{3} - T_{95}$$

Donde: *i* es cada día del periodo de estudio, *T* la temperatura media diaria y *T*₉₅ el percentil 95 de la temperatura media diaria para la serie temporal de referencia (1950-

2020). El segundo componente del índice EHF es una medida de las temperaturas alcanzadas durante el periodo de tres días en comparación con el pasado reciente (los 30 días previos). Este segundo componente es el índice de aclimatación (EHI_{accl_i}) (Nairn y Fawcett, 2015).

$$EHI_{accl_i} = \frac{(T_i + T_{i+1} + T_{i+2})}{3} - \frac{(T_{i-1} + \dots + T_{i-30})}{30}$$

El cálculo de la intensidad de la ola de calor (EHF) está diseñado para tratar el índice de aclimatación (EHI_{accl_i}) como un factor amplificador del índice de significación (EHI_{sig_i}) que no reduce la significación del exceso de calor del umbral climático. EHI_{sig_i} sólo se amplifica cuando EHI_{accl_i} es mayor que 1 y sólo los valores de $EHF_i > 0$ pueden considerarse días de ola de calor.

$$EHF_i = EHI_{sig_i} \cdot \max(1, EHI_{accl_i})$$

La severidad de la ola de calor también ha sido considerada. Este umbral de severidad es determinado por el percentil 85 de todos los valores positivos de EHF en el periodo de estudio, permitiendo separar los eventos normales de los extremos (Langlois et al., 2013). El presente trabajo, siguiendo el estudio de Nairn y Fawcett (2015), considera que una ola de calor será extrema si EHF es tres veces EHF_{P85} . Según esto, los tres grados de severidad son, baja ($EHF/EHF_{P85} \leq 1$), grave ($1 < EHF/EHF_{P85} < 3$), y extrema ($EHF/EHF_{P85} \geq 3$).

3. RESULTADOS

La ola de calor que afectó a la PIB en agosto de 2018 surgió de una dorsal en altura y muy intensa sobre la península, que provocó la presencia de una masa de aire tropical continental de origen norteafricano (Sousa et al., 2019; Barriopedro et al., 2020). Esta masa de aire dio lugar a un ambiente seco y cálido que fue especialmente intenso hacia el O/NO peninsular, debido a la ubicación en el oeste peninsular de la dorsal. La costa SE no se vio tan afectada en términos de intensidad, ya que la advección de las masas de aire cálido procedentes de África pierde energía al atravesar el Mar Mediterráneo, pero si sufrieron la ola de calor durante un periodo de tiempo más largo.

La figura 1 muestra los días en los que el índice EHF ha sido positivo en algún momento en la zona de estudio, registrándose condiciones de ola de calor entre el 29 de julio y el 9 de agosto. Como se puede observar, la mayor intensidad del índice EHF tiene lugar en el oeste de la península, sin embargo, el índice EHF muestra una mayor persistencia en la zona este.

A partir de EHF_{mx} (Fig. 2) se ha podido comprobar como los valores máximos se concentran principalmente en Portugal y su zona fronteriza ($EHF_{mx} \geq 50^\circ C^2$), debido a la mayor influencia de la dorsal de aire cálido norteafricana en estas zonas. La intensidad máxima fue mayor en zonas de montaña como Serra da Estrela ($EHF_{mx} =$

86.59°C²) y sus proximidades ($\text{EHF}_{\text{mx}} \geq 80^\circ\text{C}^2$), posiblemente debido al patrón de circulación en altura.

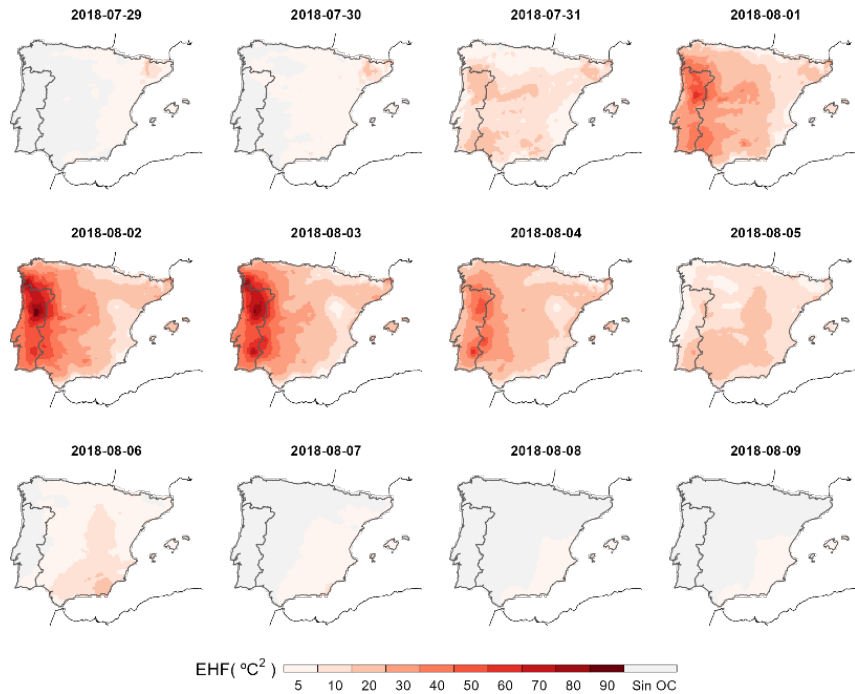


Fig. 1 Valores del índice EHF para el periodo 2018-07-29 a 2018-08-09 (en °C²).

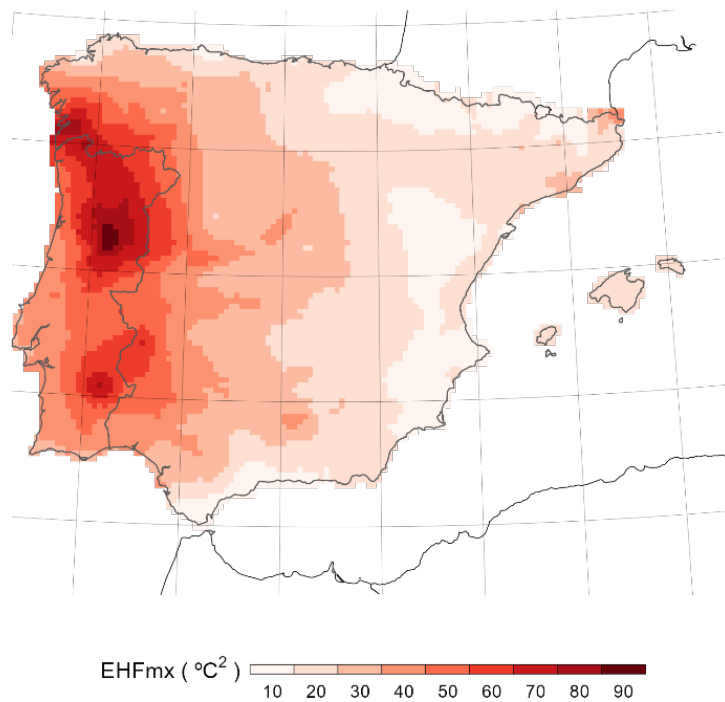


Fig. 2 Máximo EHF para el periodo 2018-07-29 a 2018-08-09 (en °C²)

En el SE de la PIB, el Mar Mediterráneo aporta humedad a la advección norteafricana, reduciendo considerablemente su intensidad en Baleares y prácticamente en todo el litoral mediterráneo, lo que se traduce en valores de $EHF_{mx} \leq 20^{\circ} C^2$, excepto en el extremo NE.

La suma de valores positivos de EHF para el periodo comprendido entre el 29 de julio y el 9 de agosto (Fig. 3) muestra como la carga térmica acumulada, EHF_{acum} , es mucho mayor en el oeste peninsular, coincidiendo con los valores de EHF_{mx} . Toda la franja occidental peninsular, excepto el N/NO de Galicia y la zona costera de las subregiones portuguesas Oeste y Gran Lisboa, presenta acumulaciones de intensidad térmica $\geq 100^{\circ} C^2$, destacando los valores del N y SE de Portugal. Estos valores muestran como existe una gran diferencia entre el O y el E/SE, con un gradiente de valores que crece de este a oeste. Las islas Baleares, el centro-oeste de la costa cantábrica y especialmente, la mitad sur de la costa mediterránea son las zonas con los valores más bajos del índice EHF.

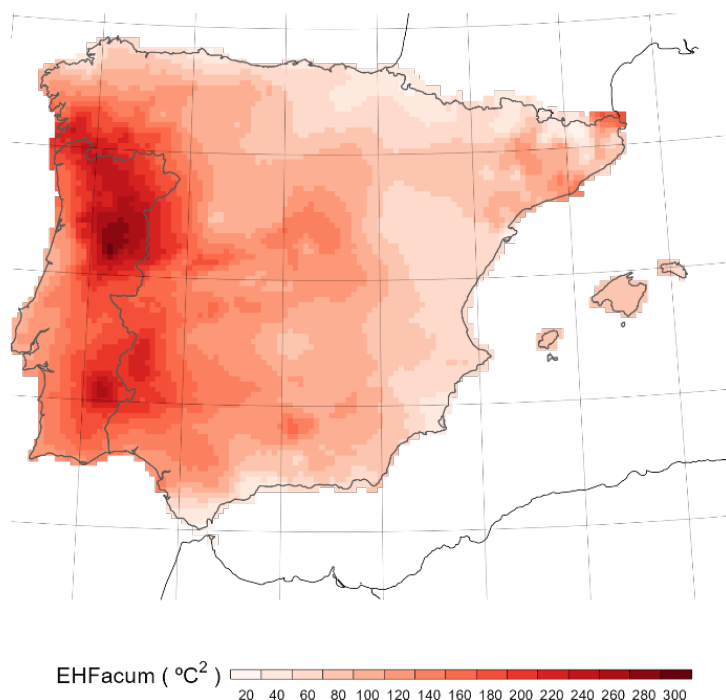


Fig. 3. Acumulación de calor para el periodo 2018-07-29 a 2018-08-09 (en $^{\circ}C^2$)

En la figura 4 se muestran los niveles de severidad establecidos, teniendo en cuenta la relación con el valor EHF_{P85} . Entre el 31 de julio y el 5 de agosto más del 99% del territorio se encuentra bajo condiciones de EHF positivo. El 1 de agosto el 78.33% de la PIB se encuentra en condiciones de severidad grave y el 2-3 de agosto más del 26.49 % del territorio presenta condiciones de severidad extrema. Aunque a partir del 6 de agosto, la ola de calor se retira de la franja occidental de la PIB, en la costa mediterránea persisten las condiciones de ola de calor de baja severidad hasta el 9 día de agosto.

Así, mientras que en la franja occidental de la PIB la ola de calor estuvo activa durante 6 días, en la costa mediterránea y el archipiélago balear se registran un total de 12 días.

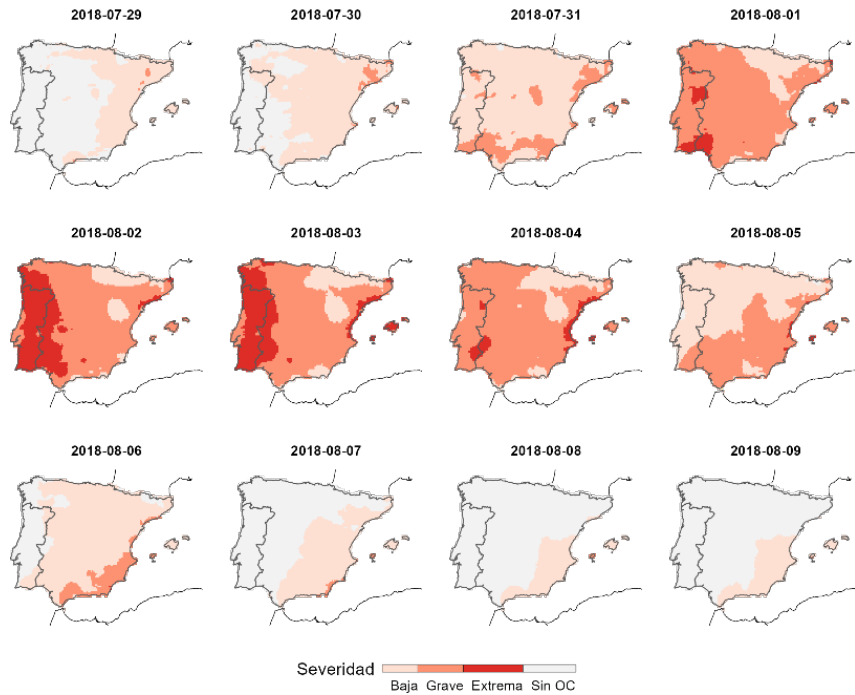


Fig. 4. Umbral de severidad para el periodo 2018-07-29 a 2018-08-09 (en °C²)

Otra característica importante de esta ola de calor es su extensión espacial, ya que afectó a casi el 100% del territorio entre el 31 de julio y el 5 de agosto, donde sólo < 0.77 % del territorio no estuvo bajo condiciones de ola de calor según el índice EHF. La figura 5, tras considerar los 3 niveles de severidad diaria del índice EHF, muestra el porcentaje de extensión que corresponde a cada nivel de severidad diaria. Los días más intensos de la ola de calor son el 2 y el 3 de agosto, aunque del 1 al 4, la severidad grave del índice EHF ($1 < \text{EHF}/\text{EHF}_{\text{P85}} < 3$) supera el 41.39% del territorio.

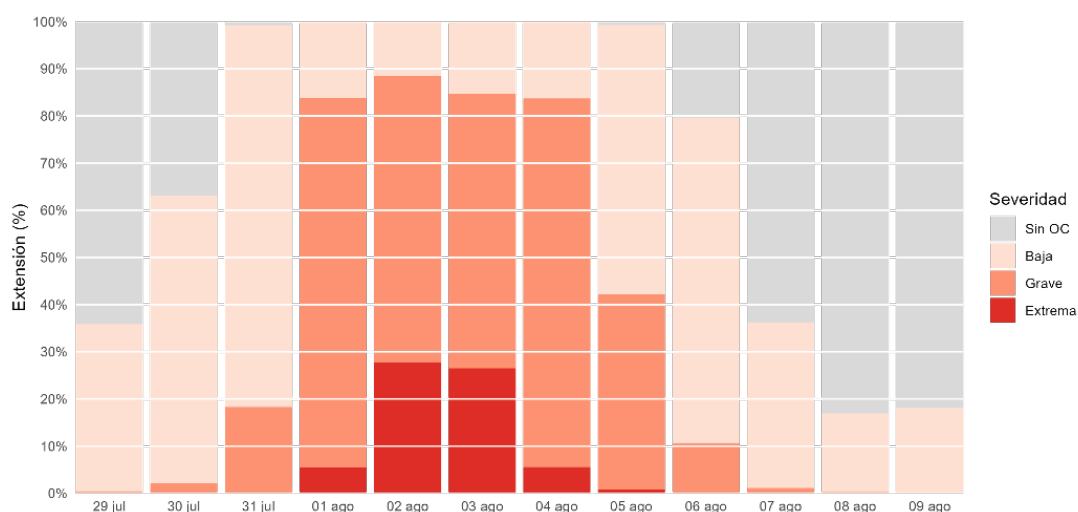


Fig. 5. Extensión espacial de la OC para el periodo 2018-07-29 a 2018-08-09

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Tras analizar la intensidad, duración y extensión espacial de la ola de calor de 2018 mediante la utilización del índice EHF, los resultados obtenidos muestran como la intensidad es mayor en el oeste de la PIB y en zonas montañosas, debido a la presencia en altura de una dorsal procedente del norte de África, como ya han destacado varios autores (Rodríguez-Puebla et al., 2010; Merino et al., 2017; Lorenzo et al., 2021). Aunque otros autores (Mohammed et al., 2018) atribuyen a esta dorsal un papel residual, en favor de la presencia de una baja térmica generada en la propia PIB, la localización espacial de valores mucho más elevados de EHF_{mx} y EHF_{acum} en el oeste y en las zonas montañosas del oeste, revela que el papel de esta inyección de aire cálido en altura es crucial en gran parte de las olas de calor que afectan a la PIB (Merino et al., 2017). Esto se ha observado en la ola de calor de 2018, en acuerdo con Sousa et al., (2019) y Barriopedro et al., (2020). Por otro lado, el índice EHF es más sensible a los incrementos locales de temperatura que otros índices, permitiendo avisar de una ola de calor con antelación. En el caso de la ola de calor de 2018, el índice EHF detecta condiciones de ola de calor dos días antes que índices que sólo utilizan las temperaturas máximas, y que, notifican la alerta por ola de calor dos días después que el índice EHF. Además, otros índices no permiten ver la variabilidad de la duración de un evento de ola de calor, lo cual es muy importante a la hora de saber que regiones deben mantener la alerta sanitaria, por ejemplo.

La dimensión de intensidad descrita por el índice EHF es mayor en el O peninsular y muestra una dependencia positiva con la altitud. Esta observación guarda relación con la presencia de una dorsal en altura procedente del norte de África que provoca una inyección de aire cálido en las capas altas de la atmosfera. Asimismo, las zonas que muestran una mayor intensidad no se corresponden con las zonas donde la ola de calor tiene una mayor duración, debido al rápido transporte masas de aire desde el océano Atlántico hacia el oeste peninsular.

AGRADECIMIENTOS

Alejandro Díaz Poso agradece su apoyo al programa FPU del Ministerio de Universidades [número de contrato FPU20 – 04454]

REFERENCIAS

- Acero, F.J., Fernández-Fernández, M.I., Sánchez-Carrasco, V.M., Parey, S., Hoang, T.T.H., Dacunha-Castelle, D., y García, J.A., (2017). Changes in heat wave characteristics over Extremadura (SW Spain). *Theor Appl Climatol*, 133, 605–617. <https://doi.org/10.1007/s00704-017-2210-x>
- Barriopedro, D., Sousa, P.M., Trigo, R.M., García-Herrera, R., y Ramos, A.M., (2020). The Exceptional Iberian Heatwave of Summer 2018. *Bull. Am. Meteorol. Soc*, 101 (1) S29-S33. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-19-0159.2>
- Brunet, M., Jones, P.D., Sigró, J., Saladié, O., Aguilar, E., Moberg, A., ... López, D., (2007). Temporal and spatial temperature variability and change over Spain during 1850-2005. *J. Geophys. Res*, 112, D12117. <https://doi.org/10.1029/2006JD008249>
- Cornes, R., Van der Schrier, G., Van den Besselaar, E.J.M., y Jones, P.D., (2018). An Ensemble Version of the E-OBS Temperature and Precipitation Data sets. *J. Geophys. Res*, 123(17): 9391-94909 <https://doi.org/10.1029/2017JD028200>
- Gasparrini, A., Guo, Y., Sera, F., Vicedo-Cabrera, A.M., Huber, V., Tong, S., Armstrong, B., (2017). Projections of temperature-related excess mortality under climate change scenarios. *Lancet Planet. Health*. 1, e360–e367. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(17\)30156-0](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(17)30156-0)
- Guerreiro, S.B., Dawson, R.J., Kilsby, C., Lewis, E., Ford, A., (2018). Future heat waves, droughts and floods in 571 European cities. *Environ. Res. Lett.* 13 (3), 034009. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaaad3>
- Guo, Y., Gasparrini, A., Armstrong, B.G., Tawatsupa, B., Tobias, A., Lavigne, E., ... Tong, S. (2017). Heat wave and mortality: a multicountry, multicomunity study. *Environ. Health Perspect.* 125 <https://doi.org/10.1289/EHP1026>
- IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change, (2014). IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change. In: *Climate Change 2014-Impacts, Adaptation and Vulnerability: Regional Aspects*. Cambridge University Press.
- IPCC, (2018): Summary for Policymakers. In: *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, ... T. Waterfield (eds.)]. In press.
- Klein Tank, A. M. G., Wijngaard, J.B., Können, G.P., Böhm, R., Demarée, G., Gocheva, A., ... Petrovic, P. (2002). Daily dataset of 20th century surface air temperature and precipitation series for the European Climate Assessment. *Int. J. Climatol.*, 22, 1441 – 1453. <https://doi.org/10.1002/joc.773>
- Langlois, N., Herbst, J., Mason, K., Nairn, J., Byard, R., (2013). Using the excess heat factor (EHF) to predict the risk of heat related deaths. *J. Forensic Legal Med.* 20, 408–411. <https://doi.org/10.1016/j.jflm.2012.12.005>

- Lorenzo, N., Díaz-Poso, A., Royé, D., (2021). Heatwave intensity of the Iberian Peninsula: Future climate projections. *Atmos. Res.* 258, 105655. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2021.105655>
- Merino, A., Martín, M.L., Fernández-González, S., Sánchez, J.L., Valero, F., (2017). Extreme maximum temperature events and their relationships with large-scale modes: potential hazard on the Iberian Peninsula. *Theor. Appl. Climatol.* 133, 513-550. <https://doi.org/10.1007/s00704-017-2203-9>
- Mohammed, A.J., Alarcón, M., Pino, D., (2018). Extreme temperature events on the Iberian Peninsula: Statistical trajectory analysis and synoptic patterns. *Int. J. Climatol.* 38, 5305–5322. <https://doi.org/10.1002/joc.5733>
- Molina, M.O., Sánchez, E., Gutiérrez, C., (2020). Future heat waves over the Mediterranean from an Euro-CORDEX regional climate model ensemble. *Sci. Rep.* 10, 8801. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-65663-0>
- Montero, J., Mirón, I., Criado, J., Linares, C., Díaz, J., (2013). Difficulties of defining the term, “heat wave”, in public health. *Int. J. Environ. Health Res.* 23, 377–379. <https://doi.org/10.1080/09603123.2012.733941>
- Nairn, J., Fawcett, R., (2015). The excess heat factor: A metric for heatwave intensity and its use in classifying heatwave severity. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 12, 227-253. <https://doi.org/10.3390/ijerph120100227>
- Pereira, S.C., Marta-Almeida, M., Carvalho, A.C., Rocha, A., (2017). Heat wave and cold spell changes in Iberia for a future climate scenario. *Int. J. Climatol.* 37, 5192–5205. <https://doi.org/10.1002/joc.5158>
- Raei, E., Nikoo, M.R., AghaKouchak, A., Mazdiyasni, O., Sadegh, M., (2018). GHWR, a multi-method global heatwave and warm-spell record and toolbox. *Sci. Data.* 5, 180206. <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.206>
- Ramos, A., Trigo, R., Santo, F., (2011). Evolution of extreme temperatures over Portugal: Recent changes and future scenarios. *Clim. Res.* 48, 177–192. <https://doi.org/10.3354/cr00934>
- Rodríguez-Puebla, C., Encinas A.H., García-Casado L.A., Nieto, S., (2010). Trends in warm days and cold nights over the Iberian Peninsula: relationships to large-scale variables. *Clim. Chang.* 100, 667–684. <https://doi.org/10.1007/s10584-009-9721-0>
- Royé, D., Codesido, R., Tobías, A. y Taracido, M. (2020). Heat wave intensity and daily mortality in four of the largest cities of Spain. *Environ. Res.* 182, 09027 <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.109027>
- Russo, S., Sillmann, J., Sterl, A., (2017). Humid heat waves at different warming levels. *Sci. Rep.* 7, 7477. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-07536-7>
- Sánchez-Benítez, A., Barriopedro, D., García-Herrera, R., (2020). Tracking Iberian heatwaves from a new perspective. *Weather Clim. Extrem.* 28, 100238. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2019.100238>
- Schleussner, C., Pfliegerer, P., Fischer, E., (2017). In the observational record half a degree matters. *Nat. Clim. Chang.* 7, 460–462. <https://doi.org/10.1038/nclimate3320>
- Sheridan, S.C., Dixon, P.G., Kalkstein, A.J., Allen, M.J., (2021). Recent Trends in Heat-Related Mortality in the United States: An Update through 2018. *Weather Clim. Soc.* 13(1), 95-106. <https://doi.org/10.1175/WCAS-D-20-0083.1>
- Sousa, P.M., Barriopedro, D., Ramos, A.M., García-Herrera, R., Espírito-Santo, F., Trigo, R. M., (2019). Saharan air intrusions as a relevant mechanism for Iberian

- heatwaves: The record breaking events of August 2018 and June 2019. *Weather Clim. Extrem.* 26, 100224. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2019.100224>
- Vicedo-Cabrera, A.M., Guo, Y., Sera, F., et al., (2018). Temperature-related mortality impacts under and beyond Paris Agreement climate change scenarios. *Clim. Chang.* 150, 391. <https://doi.org/10.1007/s10584-018-2274-3>
- Viceto, C., Pereira, S.C., y Rocha, A.,(2019). Climate change projections of extreme temperatures for the Iberian Peninsula. *Atmosphere.* 10(5), 229. <https://doi.org/10.3390/atmos10050229>
- Xu, Z., FitzGerald, G., Guo, Y., Jalaludin, B., y Tong, S., (2016). Impact of heatwave on mortality under different heatwave definitions: A systematic review and meta-analysis. *Environ. Int.* 89-90, 193-203. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.02.007>